Cat. No. 88F0006XIE2002013

Innovation and the Use of Advanced Technologies in Canada's Mineral Sector: Metal Ore Mining

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

Innovation and the Use of Advanced Technologies in Canada's Mineral Sector:

Metal Ore Mining

Susan Schaan

Science, Innovation and Electronic Information Division

July 2002

88F0006XIE No. 13

This working paper is the result of a collaborative project between the Science, Innovation and Electronic Information Division, Statistics Canada, Industry Canada, Natural Resources Canada and the National Research Council of Canada

Working Papers

The Working Papers publish research related to science and technology issues. All papers are subject to internal review. The views expressed in the articles are those of the authors and do not necessarily reflect the views of Statistics Canada nor, in this case, the views of Industry Canada, Natural Resources Canada or the National Research Council of Canada.

CONTACTS FOR MORE INFORMATION

Science, Innovation and Electronic Information Division

Director Dr. F.D. Gault (613-951-2198)

Assistant Director Craig Kuntz (613-951-7092)

The Science and Innovation Information Program

Special Advisor, Science and Technology
Dr. Frances Anderson (613-951-6307)

Chief, Knowledge Indicators
Michael Bordt (613-951-8585)

Chief, Innovation, Technology and Jobs
Daood Hamdani (613-951-3490)

Special Advisor, Life Sciences
Antoine Rose (613-951-9919)

Science and Innovation Surveys Section

Chief, Science and Technology Surveys
Bert Plaus (613-951-6347)

FAX: (613-951-9920)

Table of Contents

Table of Contents 3

Preface 5

Introduction 7

Building a system of innovation 7

An Innovation System for the Mineral Sector 10

Extraction 12
Primary Manufacturers 12
Resource Management 12
Purchased Services 12
Manufacturing Suppliers 12
Context 12

Innovation in the Mineral Sector: Metal Ore Mining 13

Methodology 13
Innovative activities in mineral sector industries 13
Why do the extraction and related primary manufacturing firms innovate? 17
Where do ideas for innovation come from? 18
How is knowledge transmitted within the mineral sector innovation system? 18

Conclusions 22

Acknowledgements 23

References 24

Annex 1. Groups of Actors in the Mineral Sector Innovation System 26

106-02213/

ELECTRONIC PUBLICATIONS AVAILABLE AT
www.statcan.ca

Preface

The Information System for Science and Technology Project was created to develop useful indicators of science and technology activity in Canada based on a framework that ties them together into a coherent picture. To achieve the purpose, statistical indicators are being developed for five key entities:

- **Actors**: persons and institutions engaged in S&T activities. Measures include distinguishing R&D performers, identifying universities that license their technologies, and determining the field of study of graduates.
- **Activities**: the creation, transmission or use of S&T knowledge including research and development, innovation, and use of technologies.
- **Linkages**: the means by which S&T knowledge is transferred among actors. Measures include the flow of graduates to industries, the licensing of a university's technology to a company, co-authorship of scientific papers, and the source of ideas for innovation in industry.
- **Outcomes**: the medium-term consequences of activities. Outcomes of an innovation in a firm may be improved productivity, improved product quality and/or more highly skilled jobs. An outcome of a firm adopting a new technology may be a greater market share for that firm.
- **Impacts**: the longer-term consequences of activities, linkages and outcomes. Wireless telephony is the result of many activities, linkages and outcomes. It has wide-ranging economic and social impacts such as increased connectedness.

The development of these indicators and their further elaboration is being done at Statistics Canada, in collaboration with other government departments and agencies, and a network of contractors.

Prior to the start of this work, the ongoing measurements of S&T activities were limited to information and data on the investment of money and human resources in research and development (R&D). For governments, there were also measures of related scientific activity (RSA) such as surveys and routine testing. These measures presented a narrow picture of science and technology in Canada. More measures were needed to improve the picture.

It is in this context that the Survey of Innovation, 1999 was developed. It is hypothesized that innovation makes firms competitive. Thus one of the goals of this survey was to determine if there were significant differences between innovative and non-innovative firms in the manufacturing and selected natural resources sectors. The capacity to innovate resides in people and measures are being developed of the characteristics of people in those industries that lead science and technology activity. In these same industries, measures are being made of the creation and the loss of jobs as part of understanding the impact of technological change.

This working paper is part of a series that examines the results from the Survey of Innovation 1999. Previous working papers include an examination of national estimates of innovation in manufacturing and a second working paper, which included statistical tables of provincial estimates of innovation in manufacturing.

The framework briefly described above that guides the future elaboration of indicators was published in December, 1998 (**Science and Technology Activities and Impacts: A Framework for a**

Statistical Information System, Cat. No. 88-522). The framework has given rise to **A Five-Year Strategic Plan for the Development of an Information System for Science and Technology** (Cat. No. 88-523).

Working papers and research papers are available at no cost on the Statistics Canada Internet site at **http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub/research.cgi?subject=193**

Introduction

In 2001, Canada's mineral production included 26 metallic minerals, 31 non-metallic minerals and 4 fuels with a total production value of $83.8 billion based on shipments (Statistics Canada, 2001). Canada is one of the world's largest exporters of minerals and mineral products contributing $27.5 billion to the balance of trade in 2001 (Statistics Canada, 2002).

Innovation in Canada's mineral sector is vital if this industry sector is to be competitive in the global economy. As in other industries, competitive advantage can be gained through development of new products, adoption and use of new technologies, and improvements to organizational structure or improved management techniques.

The Survey of Innovation 1999 surveyed manufacturing and was the first Statistics Canada innovation survey of selected natural resource industries in Canada[1]. It employed the framework and guidelines elaborated upon in the Oslo Manual (OECD/Eurostat, 1997) to collect innovation data. Questions were also included in the Survey of Innovation 1999 to explore the relationship between suppliers and selected natural resource industries. The Survey of Electronic Commerce and Technology 2000 included two questions on organizational and technological improvements, providing the first cross-economy data on these issues.

The goal of this paper is to examine innovation and advanced technology use in the mineral sector. The author will describe characteristics of and relationships between innovative firms from several industries in the mineral sector system focusing on metal ore mining. Data from the Survey of Innovation 1999 will be used to analyse the type of innovation and the innovative activities of firms in the mineral sector system. Sources of information for innovation, objectives of innovation, and firm success factors will also be examined, including an exploration of types of skills in demand in metal ore mining firms. Data from the Survey of Electronic Commerce and Technology 2000 will be used to explore how firms react to advanced technologies by describing the manner in which improved technologies were introduced to mining firms.

Building a system of innovation

There are several elements that influence how industries operate and, accordingly, should be incorporated into a system of innovation. These include infrastructure and macro-economic conditions, the characteristics of the production process and the firm's role in innovation activities (Freeman, 1987, Lundvall, 1992).

The cultural and institutional context and economic structure of a country forms the infrastructure under which firms operate. These underlying conditions influence all activities within a firm, including innovation. Lundvall (1992, 1998) proposed that innovation is rooted in knowledge and

[1] Statistics Canada has conducted several surveys of innovation since 1993 to better understand innovation in Canada. The 1993 Survey of Innovation and Advanced Technology surveyed manufacturing firms. The Survey of Innovation, 1996 surveyed the communications, financial services and technical business services industries. The 1999 Survey of Innovation, Advanced Technologies and Practices in the Construction and Related Industries was the first survey of advanced technologies and practices in the construction sector.

that learning is a prerequisite of knowledge. Furthermore, learning is predominantly interactive making it a "socially embedded process". He hypothesizes that if research institutions define how things are done and how learning takes place, the economic structure affects 'what is done' and, as a result, what is learned. These institutions can have their origins far back in social history. Accordingly, if we want to understand innovation within an economy we must not only consider the macroeconomic conditions but also examine the institutional and cultural context of that economy so we can understand what is being done within the firm.

Innis' (1956) "Staple Theory" provides a description of the institutional and cultural context of the Canadian economy and the cumulative effects of the exploitation of staple products such as lumber, wheat, fish (cod), furs and gold. These staple products form an important component in Canadian economic history. Migrants to Canada produced goods in demand in their home countries that would yield large profits. These goods were either used in the manufacture of luxuries or were goods that were not produced or were only minimally so in the home country. Harvesting or extraction of raw materials stimulated the manufacture of finished products in demand in the mother European countries and the colony. There was both a direct and indirect focussing of energy on the production of the staple commodity. Part of the population of the colony was involved directly in the production of the staple while others became indirectly involved through the direction of efforts to produce facilities that would promote production of the staple. The scale of production of agricultural products such as wheat and lumber and later of minerals such as gold, nickel and other metals grew with demand as improvements in production techniques (machinery and equipment), marketing and transportation infrastructure improved. These improvements affected both the harvesters/extractors and the manufacturers. Greater demand stimulated technological advances both to increase the supply of raw materials and to accommodate the influx of these raw materials to manufacturers.

Technological change in the production process is only one aspect of innovation; yet it has played a large role in firm innovation for metal ore mining in the history of the industry that continues today. Utterback and Abernathy (1975) and Abernathy and Clark (1985) have explored the influence of the production process on firm innovation. Characteristics of innovation correspond to the stage of development of the production process technology. Incremental technical change during the evolution of an industry is emphasized. The environment under which a firm operates and the competitive significance of the innovation, which includes the objective of the innovation and factors for firm success, will impact on the type of innovation a firm attempts.

How is innovation measured within the firm? Models of firm innovation explore interactions involving knowledge flows both within the firm and from external sources from the perspective of the firm (Kline and Rosenberg, 1986; Padmore et al. 1998). The Oslo Manual (1997) outlines guidelines for collecting and interpreting innovation data within a system of innovation. Technological changes are dealt with at the level of the individual firm or business enterprise, and involve a complex system with many interacting components. Application of the Oslo Manual allows for the production of internationally comparable, meaningful indicators of innovation. In the case of product innovation, the product must have been introduced to the market. An innovative firm is one that has offered a new or significantly improved product or introduced a new or significantly improved production/manufacturing process during the last three years. The term

"product" includes both goods and services as innovation outputs. A process innovation must have been used within the production process.

In this firm-centric conceptual framework there are four domains, each of which plays a role in business innovation. The firm is referred to as an "innovation dynamo" as it is through the firm that innovations are introduced. Innovation in the firm will be affected by a series of "transfer factors" based around leaning. These are the human, social and cultural factors that affect the transmission of information to firms and the learning that occurs by them. Firms exist and carry out business under a series of established conditions and institutions that will affect the range of opportunities for innovation. These "framework conditions" include the basic education system, the communications infrastructure, financial institutions, the legislative and macroeconomic settings, market accessibility, industry structure and the competitive environment. The various institutions that provide the technological training and scientific knowledge to this system form the "science and engineering base".

Understanding the ways new knowledge and information is generated and diffused is another important issue in the measurement of technological change. It can be embedded in new products, processes as described by Rothwell's (1994) "system integration and networking" model of innovation that provides for the transmission of technological change through changes in technologies. New knowledge and information can also be in the form of organizational practices that become adopted by a given industry. It can be in the form of tacit knowledge embedded in people who have specialized expertise gained through education and experience or can be codified in manuals, forms of publications, computer software or product design. Diffusion of knowledge requires a user who can find, understand, absorb and then apply S&T knowledge in the form that it is transmitted (Statistics Canada, 1998a).

Foray and David (1995) have explored diffusion of knowledge and describe three basic activities in the S&T system: the generation, transmission and use of S&T knowledge. Statistics Canada's Science, Innovation and Electronic Information Division developed a framework for the organization of data as a means of understanding the science and technology system (1998a). Recognizing that innovation is just one of the activities in the use of S&T knowledge[2], the approach considers interactions with society, economy and political system as a system of information flows. It promotes the examination of an industry within this system. "Actors" undertake product or process innovation with various objective and outcome indicators providing a statistical description of firm innovation.

This paper is divided into three sections. The first will present a model for a system of innovation for the mineral sector that encompasses many industry sectors and knowledge flows between sectors. The second section will explore the characteristics of innovative firms in the mineral sector system with emphasis on type of innovation and the innovative activities. Sources of information for innovation, innovation objectives and firm success factors will also be examined. The final section will present the manner in which improved technologies were introduced to mining firms.

---

[2] other S&T activities in the framework include: R&D, invention, and technology knowledge diffusion

An Innovation System for the Mineral Sector

Canada's mineral sector is an interactive system comprised of six main groups of actors operating within a macroeconomic, social and cultural context. The group of actors includes resource management, extractors of raw materials, manufacturers of products from raw materials, users of extracted raw materials, services to support the other actors in the system, and manufacturers of machinery, equipment and instruments used by the other actors in the system.

It can be argued that innovation in the Mineral Sector is taking place in a larger interactive system. No one part of this system should be viewed in isolation if the innovation process is to be understood. The North American Industrial Classification System or NAICS (Statistics Canada, 1998b) allows for the collection and dissemination of comparable industry data. The words "mining" and "mine" are found in the alphabetical index of NAICS under 17 entries encompassing industries from a wide range of sectors (2-digit NAICS). These include agriculture, forestry, fishing and hunting (NAICS 11); mining and oil and gas extraction (NAICS 21); construction (NAICS 23); some manufacturing industries (NAICS 33) wholesale trade (NAICS 41); real estate and rental and leasing (NAICS 53); professional, scientific and technical services (NAICS 54); and other services (except Public Administration) (NAICS 81)[3]. Only one of these industry sectors has the word "mining" in the title: mining and oil and gas extraction. There are even fewer entries listed for the word "mineral" which includes only 5 relevant[4] entries. Among these are some manufacturing industries (NAICS 32); wholesale trade (NAICS 41); and real estate and rental and leasing (NAICS 53)[5].

A systems approach to describing the Mineral Sector combines concepts from the "innovation policy terrain" described in the Oslo Manual and concepts from Statistics Canada's "Framework for a Statistical Information System" (Statistics Canada, 1998a). To reduce complexity and to limit the scope of this paper not all industry sectors are included. For instance, the Construction Sector that uses products that are outputs of extraction industries such as sand and gravel is not included in the analysis[6], but it is recognized that firms in the Construction Sector are users of outputs from the mining industries. Similarly, the Transportation Sector, Wholesale Trade and that part of the

---

[3] Industries listed include mine timbers, cutting (113311); mining molybdenum bearing ores (212299); mining lead-zinc bearing ores (212231); mining copper bearing ores (212233); mining gypsum (212395); mining appurtenance construction, general contractors (231390); mine loading and discharge station, construction (231390) mining machinery and equipment, manufacturing (333130); mining locomotives and parts, manufacturing (336510); mining machinery, wholesale (417220); mineral beneficiation machinery, wholesales (417220); mining machinery and equipment, wholesale agents and brokers (419170); mining property leasing (531190); mining machinery and equipment, rental (532410); mining engineering services (541330); mining machinery and equipment, repair (811310); mining associations (813910).

[4] Entries for mineral feed supplements, manufacturing (311119), mineral water, retail (445299) and mineral waters, purifying and bottling (312110) are not part of the scope of the subject of this paper.

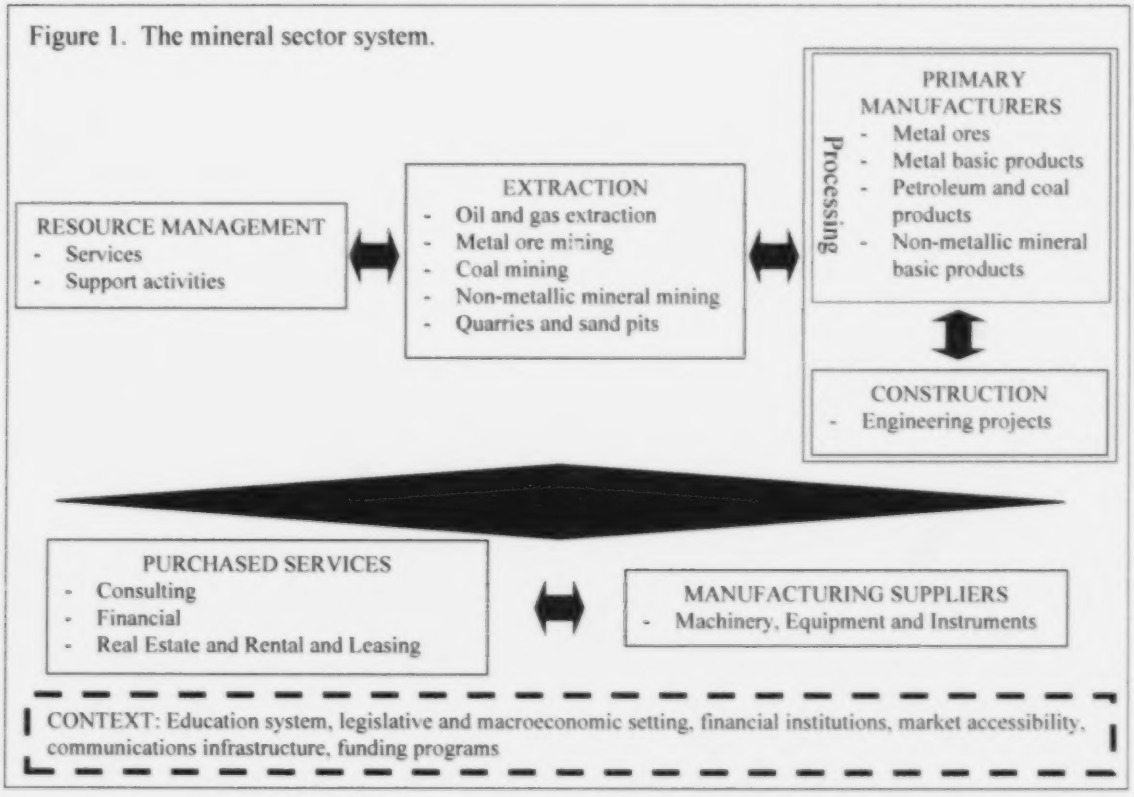
[5] Private sector industries listed include mineral wool, insulation, manufacturing (327990); mineral wool, limestone, slag and glass, manufacturing (327990); mineral wool insulation materials, wholesale (416390); mineral beneficiation machinery, wholesale (417220); mineral resource rights-of-way acquisition agent (531210);

[6] The Innovation, Advanced Technologies and Practices in the Construction and Related Industries Survey 1999 collected data on innovation, advanced technology and advanced practices being used in the construction and related industries. For a summary of survey findings see Anderson and Schaan (2001), Innovation, Advanced Technologies and Practices in the Construction and Related Industries: National Estimates Catalogue 88F0006XIE010004).

Construction Sector involved in the erection of mining facilities is not represented in the system presented in this paper but it is recognized that these are some of the other sectors that have a role.

Preliminary analytical work using data from the Survey of Innovation 1999 focussed on the innovative activities of the metal ore, non-metallic mineral mining and coal mining firms. The scope of industries examined was quickly expanded to include industries that had a role in the activities of these firms. The Mineral Sector System proposed in this paper builds on a systems approach that was originally developed during innovation analysis in the Forest Sector (Schaan and Anderson, 2002). The Mineral Sector System includes six main groups of actors: resource management, extractors of raw materials, manufacturers of products from raw materials, users of extracted raw materials, services to support the other actors in the system, and manufacturers of machinery, equipment and instruments used by the other actors in the system. Extraction industries served as a starting point in the development of the system. Groups of actors were identified by the industries they include (Annex 1) based on the main type of activity carried out by these industries. Aspects of the mineral sector system are presented in Figure 1. Between each group of actors are a series of transfer factors that influence the diffusion of S&T knowledge (depicted by the various arrows in Figure 1).

Figure 1. The mineral sector system.



Each group of actors operates within a macroeconomic, social and cultural context. The various groups of actors will be described in terms of their relationship to extraction industries.

Extraction

- Products (raw materials) are harvested or extracted from the Earth by industries such as mining and oil and gas extraction.

Primary Manufacturers

- Transform/refine raw materials into metal products, products composed of metal, or products containing mostly metal.
- Products are output for use by consumers or are input into other industries for further processing.

Construction

- Use extracted materials such as sand and gravel in their raw, unprocessed form in various engineering projects such as road construction.

Resource Management

- Includes a variety of surveying and mapping services, environmental services, engineering services, support services, and consulting industries.
- Services are directly related to deposits and to management of the resource so that reserves can meet demand and competitiveness is maintained.
- Has a large role in natural resource industries but is a less significant issue for manufacturing industries that have a factory production system.

Purchased Services

- Can provide services on a fee or commission basis to a variety of industries or can develop specialization in one sector.
- Includes private research and development labs, real estate and rental agencies, banks and investment counselling.

Manufacturing Suppliers

- Produce machinery, equipment and instruments.
- Can be used by any industry.

Context

- The underlying social and economic context in which all industries operate.
- Conditions and institutions determine the range of opportunities for innovation and can also affect the diffusion of S&T knowledge.
- Includes social context, public R&D facilities, communications infrastructure (roads, transportation networks etc.), operational regulations set by government, and industry protocols.

Innovation in the Mineral Sector: Metal Ore Mining

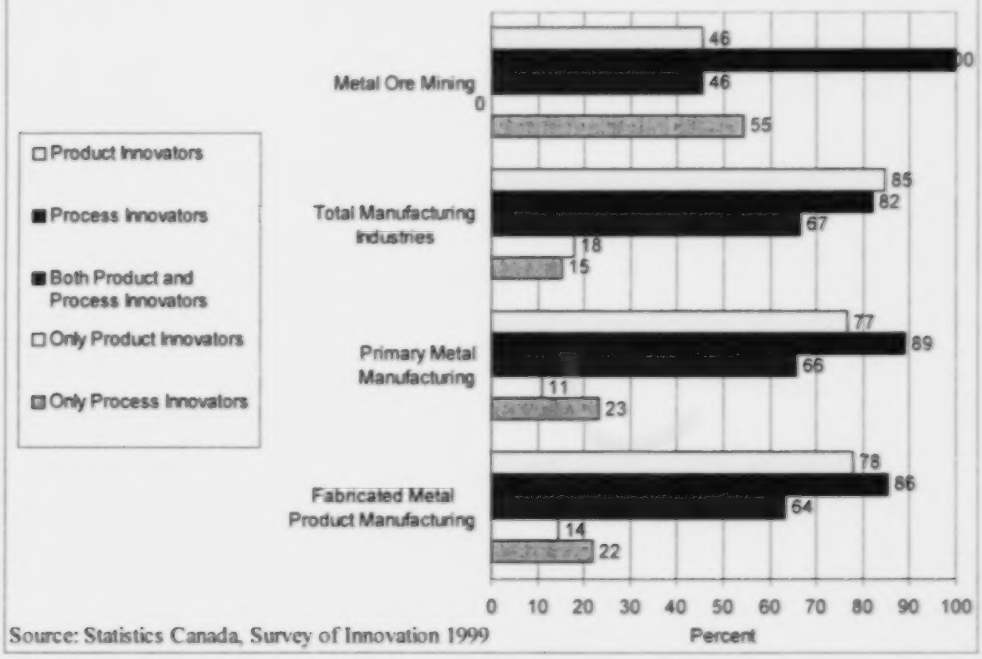
Methodology

The target population for the Survey of Innovation 1999 was all firms operating in Canada in the manufacturing sector or in selected natural resource industries that had completed existing production surveys[7]. Five selected natural resource industries, including 83 metal ore and 922 non-metallic mineral mining firms in the sample, for a total sample size of 674 firms in the selected natural resource industries. All thirty-one manufacturing industries were sampled for a total survey sample size of 5944 manufacturing firms. The survey results provide innovation data for only some of the industries in the various groups of actors identified in Figure 1 including the extraction industries and manufacturing. Innovative firms in metal ore mining and manufacturing will be the focus of the next section of the paper with data from the Survey of Innovation used to describe the innovation system in the Mineral Sector.

Innovative activities in mineral sector industries

Understanding why a firm might innovate can help predict the type of innovation it undertakes: product or process. Primary manufacturing and extraction industries in the mineral sector distinguish themselves by the type of innovations they produce (Figure 2).

Figure 2. Percent of innovative firms by type of innovation for innovative metal ore mining, innovative manufacturing, and innovative primary manufacturing industries in the mineral sector.



Source: Statistics Canada, Survey of Innovation 1999

[7] For details on survey methodology see Schaan and Nemes (2002), Survey of Innovation 1999, Methodological Framework: Decisions Taken and Lessons Learned. Statistics Canada Catalogue no. 88F0006XIE2002012.

Overall, innovative manufacturing industries show a stronger affinity toward product over process innovation. For industries in the mineral sector, most notably in metal ore mining, however, the tendency is reversed. Data for both innovative metal ore mining and the innovative primary manufacturing industries indicates that these industries favour process innovation over product innovation. In addition, the difference between the percentage of product innovators and the percentage of process innovators is greatest within the metal ore mining industry when compared to primary manufacturing industries. Moreover, all innovative metal ore mining firms are process innovators but less than one half (46%) are product innovators. Metal ore mining is the only industry included in the Survey of Innovation 1999 for which all innovative firms were process innovators.

As raw materials output by metal ore mining firms become further processed within the various primary manufacturing industries, the difference between percentage of product and process innovators narrows (Figure 2). Take, for example, the outputs from smelting and refining in primary metal manufacturing that can then be processed into products such as sheet metal, strips, rods, bars and wires or castings and other basic metal products. Here the difference between the percentage of product and process innovators is 12%. Metal products can become processed further by fabricated metal product manufacturing industries into assembled products such as metal windows, doors and hardware. Here, the difference between percentage of product and process innovators has narrowed to 8%.

The affinity toward process innovation in the extraction and primary manufacturing industries is also demonstrated in the percentage of product only or process-only innovators. There are no metal ore mining firms that undertake only product innovation. However, more than half (55%) of innovative metal ore mining firms are process only innovators. A similar relationship exists in the primary manufacturing industries. However, the gap between the percentage of product only and process only innovators is much narrower. For manufacturing overall, this tendency is reversed. The percentage of product only innovators is greater than the percentage of process only innovators.

Natural resource industries produce raw materials with long life cycles, some, for example gold, have virtually a infinite life cycles. Only 3.1% of innovative metal ore mining firms indicated that replacing products being phased out was an important objective of innovation compared with over one-third of innovative manufacturing firms (37%, Table 2). The innovation indicator is influenced by the length of a product's life cycle (Oslo Manual, page 21).

Less than one-third of all metal ore mining firms indicated that developing new products or processes was important to firm success compared to over half for the primary manufacturing firms in the mineral sector and close to two-thirds for manufacturing overall (Table 1). When firms did develop new products or processes, just over one half (53%) of these innovative metal ore mining firms indicated that developing new products and processes was a firm success factor. This compared to almost three-quarters (72%) for total manufacturing and about 60% for the primary manufacturing firms in the mineral sector. So, although it is an important success factor, it seems that innovation is not as important to firm success for metal ore mining firms as it is for manufacturing industries overall or the primary manufacturing industries.

On the other hand, the satisfaction of existing clients is the factor to which the highest percentage of innovative manufacturing and primary manufacturing industries attribute firm success, indicated by over 97% of these firms. Client satisfaction is the third most frequently indicated success factor of innovative metal ore mining firms chosen by less than two-thirds (62%) of the firms. Less than one quarter (21%) of all metal ore mining firms introduced new products during the period 1997-1999 compared to over two-thirds (68%) for manufacturing firms overall. Amongst innovative firms, less than one-half of the metal ore mining firms are product innovators compared to 85% of manufacturing firms overall and over three-quarters of firms in the primary manufacturing industries (Figure 2). Innovative metal ore mining firms do not feel that they need new products in spite of the opinion that satisfying clients is important to firm success. Why then would we expect that they would develop new products?

Industries that produce products with shorter life cycles have a more frequent need for innovation than industries that produce products with longer life cycles. In consideration of the nature of the products produced by the metal ore mining industry there would not be a strong need for these mining firms to be innovative on the three-year cycle of the Oslo Manual. They should show a stronger affinity to process innovation than to product innovation. Are there other drivers of innovation in metal ore mining?

The macroeconomic and cultural context of the Canadian metal ore mining industry and other harvesting/extraction industries was set in our early economic history where markets for raw materials were developed and inter-dependencies with manufacturers forged. Just over one-third of innovative metal ore mining firms see seeking new markets as a firm success factor compared to upwards of three quarters of innovative manufacturing firms (Table 1). An even smaller percentage

Table 1. Selected firms success factors of metal ore mining, manufacturing and primary manufacturing industries in the mineral sector.

Firm Success Factor	Percent of firms indicating factor is important[8]							
	Metal Ore Mining		Manufacturing		Primary Metal Manufacturing		Fabricated Metal Product Manufacturing	
	All	Innovators	All	Innovators	All	Innovators	All	Innovators
Satisfying existing clients	48.8	61.9	96.1	97.0	98.5	98.1	96.1	97.8
Developing new products (goods or services) and processes	29.9	53.3	64.3	72.2	52.7	60.0	53.6	61.2
Seeking new markets	25.4	37.4	73.4	77.0	70.1	74.6	66.7	71.8
Developing niche or specialized markets	18.6	26.0	68.0	72.0	71.5	76.6	61.9	65.4

Source: Survey of Innovation 1999

of metal ore mining firms feel that developing niche or specialized markets is a firm success factor compared to a range of two-thirds to three quarters for innovative manufacturing firms (Table 1). A

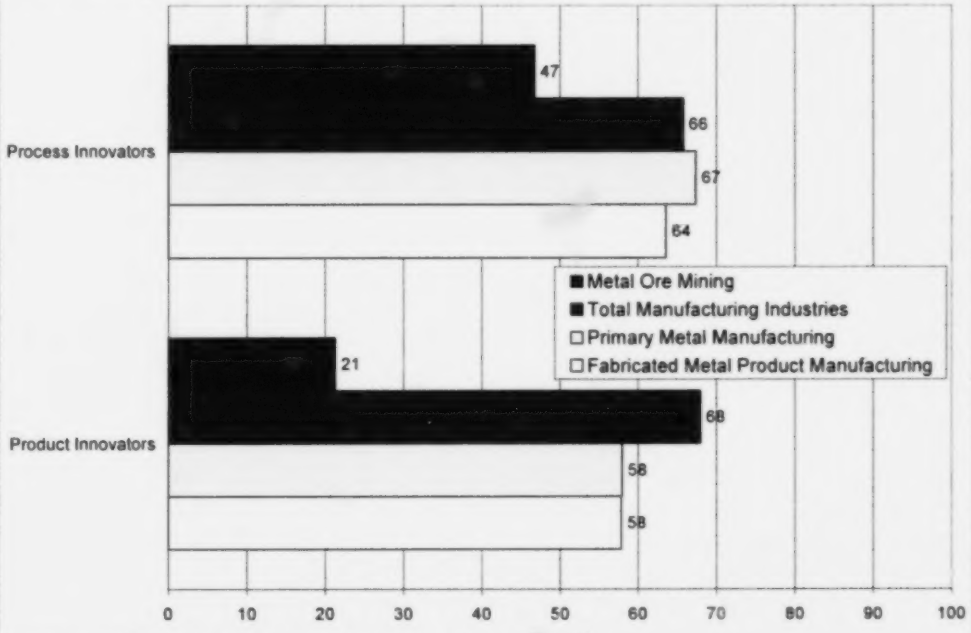
[8] Firms were asked to indicate the importance of a series of success factors on a scale of 1-5 where 5 is low importance and 5 is high importance. It is considered that firms indicating 4 or 5 for a given success factor find this factor important.

large market for the outputs of the metal ore mining industry is manufacturing, both domestic and foreign. Changes in production processes allowed extraction industries to meet the demands for raw materials imposed by the manufacturing sector.

Process innovations would provide more competitive advantage than product innovations. The percentage of process innovators in metal ore mining exceeds the percentage of process innovators in the primary manufacturing industries (Figure 2). Natural resource extraction industries in other countries have shown similar trends. The prevalence of process innovation in mining is supported by studies undertaken by the Australian Bureau of Statistics (1998). They found that of the 39% of all mining businesses[9] had undertaken process innovation from July 1994 to June 1997, compared to 11% of all mining business that had undertaken product innovation.

If there is a focus on process over product innovation in metal ore mining, why then, is the overall percentage of process innovators in metal ore mining so much lower than the percentage of process innovators in manufacturing and the primary manufacturing industries (Figure 3)?

Figure 3. Percent of innovative firms for metal ore mining, manufacturing, and primary manufacturing industries in the mineral sector.



Source: Statistics Canada, Survey of Innovation 1999

Activities in natural resource extraction industries experience boom and bust cycles subject to upturns and downturns in the economy. The reference period for the Survey of Innovation was 1997 to 1999. There is evidence that the reference period for the extraction industries was not the same as manufacturing. Several non-innovators in metal ore mining indicated that they had made changes to their production systems outside the reference period in the Survey of Innovation 1999. Other

[9] includes coal mining, oil and gas extraction, metal ore mining, other mining and services to mining

responses indicate that production system changes are slow and methods remain essentially unchanged.

Why do the extraction and related primary manufacturing firms innovate?

Data from the Survey of Innovation show that metal ore mining firms have innovation objectives that focus mostly on the production process. The top innovation objectives chosen by over half of the innovative metal ore mining firms relate to production: to increase production capacity, to reduce labour costs, to improve production flexibility and to reduce energy consumption (Table 2). Although increasing production capacity was the second most commonly indicated innovative objective of manufacturing (75.3%) and both primary manufacturing firms including primary metal manufacturing (79.7%) and fabricated metal product manufacturing (81.8%), the top objectives of innovation for manufacturing firms focus on improving product quality and extending product range (Table 2). Improving product quality objective was chosen by the highest percentage of innovative manufacturing and both primary manufacturing firms. The contract between innovation objectives of extraction and manufacturing firms from the viewpoint of improving product quality is striking. This was an objective of less than one-third of innovative metal ore mining firms compared to over 80% of both primary manufacturing industry and manufacturing firms overall.

Table 2. Selected objectives of innovation for innovative metal ore mining, manufacturing, and innovative primary manufacturing industries.

Objective	Percent of innovative firms choosing listed objective			
	Metal Ore Mining	Manufacturing	Primary Metal Manufacturing	Fabricated Metal Product Manufacturing
To increase production capacity	67.5	75.3	79.7	81.8
To reduce labour costs	59.7	58.7	73.1	62.8
To improve production flexibility	51.9	65.5	62.5	67.1
To reduce energy consumption	51.3	22.9	33.8	19.7
To improve product quality	31.0	82.5	80.3	82.6
To extend product range	27.8	71.6	51.7	64.4
To replace products being phased out	3.1	36.9	22.6	31.9

Source: Survey of Innovation 1999

The focus on production-related innovation objectives in metal ore mining firms would lead to changes to the extraction process rather than the development of new products. This helps to explain the dominance of process innovation in metal ore mining over product innovation.

The Conference Board of Canada (2001) also found that innovation in the natural resource industries focuses more on process innovation than the development of value-added products. They found that the emphasis is often on process innovation as a way to drive down costs, especially when commodity prices have a large influence on profit margins.

Metal ore mining firms see themselves as serving as extractors of a raw material with established production techniques. When asked to indicate why they did not innovate, the majority of responses were that they are extractors of a raw material such as gold that could not be improved upon (i.e. industry standards for purity). The second most common reason for non-innovation were that the extraction techniques and equipment in the industry are standard or have remained unchanged since initial set-up and, as a result, there was no need for change.

Where do ideas for innovation come from?

Metal ore mining firms rely heavily on internal sources of information for innovation. The top two sources of information for metal ore mining include production staff (92%), and management staff (75%).

How is knowledge transmitted within the mineral sector innovation system?

How does the knowledge that facilitates technological changes in the extraction process get transmitted? There are many ways to acquire knowledge that leads to innovation. Knowledge acquisition need not be exclusively through innovative activities carried out within a firm such as internal R&D. Technology acquired can be in the form of patents, non-patented inventions, licences, know-how, trade marks, services with a technological content, use of consultancy services, contracting out R&D, acquisition/transfer of technology through the purchase/sale of an enterprise, through the purchase/sale of equipment, and mobility of skilled personnel, to name just a few.

Table 3. Selected manufacturing firms with products used by selected natural resource industries.

	% of all firms		% innovative firms in this industry	relative innovation rank
	with products used by selected natural resource industries	with products used by the mining industry		
Electrical Equipment, Appliance and Component Manufacturing	47.5	37.5	89.8	5
Agricultural, Construction and Mining + Industrial Machinery Manufacturing (3331 & 3332)	46.6	28.8	88.0	6
Machinery Manufacturing (excluding 3331 & 3332) [Commercial and Service Industry Machinery Manufacturing + Ventilation, Heating, Air-Conditioning and Commercial Refrigeration Equipment Manufacturing + Metalworking Machinery Manufacturing + Engine, Turbine and Power Transmission Equipment Manufacturing + Other General Purpose Machinery Manufacturing]	35.3	28.0	86.9	8
Navigational, Measuring, Medical and Control Instruments Manufacturing + Manufacturing and Reproducing Magnetic and Optical Equipment	32.0	16.4	91.3	4
Chemical Manufacturing (excluding 3254)	31.2	22.7	87.7	7

Source: Survey of Innovation 1999

Acquisition of technologies is one mechanism for the transmission of S&T knowledge, facilitating technological change. New technologies can be acquired through the purchase of equipment. The third most frequently chosen source of information for innovation of metal ore mining firms was suppliers of equipment, material and components (70%). The top innovative activity of metal ore

mining firms chosen by 95% of all innovative firms was acquisition of machinery, equipment or other technology linked to new or significantly improved products or production/manufacturing processes. In fact, close to one in five (17%) manufacturing firms have products used by mining industries.

Five of the manufacturing industries with the highest percentage of firms with products used by selected natural resource industries (more than 30% of firms) are among the top 10 innovators out of 35 industries (Table 3). Within this group of five industries, four are producers of machinery and equipment or instruments. Almost one in twenty (4.8%) of the innovative firms in Agricultural, Construction and Mining + Industrial Machinery Manufacturing industries indicated that over 50% of its sales were to mining industries. These firms can be described as dedicated suppliers.

Innovation rates in industries such as communications or computer equipment manufacturing are high. For industries involved in the extraction of natural resources, innovation rates tend to be low. In these cases, looking at the activities in the extraction industries in isolation cannot properly yield innovation rates. Rather, a part of the innovation takes place in industries supplying machinery and equipment to the harvesting industries.

Table 4. Innovative industries that indicated the highest percentage of innovative firms that engaged in the acquisition of machinery, equipment or other technology linked to innovation.

	% of firms that acquired machinery, equipment or other technology linked to innovation			% innovative firms	relative overall innovation rank	% process innovators	% innovative firms that are process innovators	Relative process innovation rank
	all	Innovators	Process innovators					
Semiconductor and Other Electronic Equipment Manufacturing	100.0	100.0	100.0	94.9	2	87.8	92.5	2
Metal Ore Mining	60.0	95.0	95.0	46.8	32	46.8	100.0	1
Railroad Rolling Stock Manufacturing + Ship and Boat Building + Other Transportation Equipment	76.2	95.0	96.5	74.7	24	61.6	82.5	18
Aerospace Product and Parts Manufacturing	86.8	94.4	98.1	83.9	13	73.3	87.4	6
Veneer, Plywood and Engineered Wood Product Manufacturing	69.7	93.5	98.1	64.8	30	55.9	86.3	7
Printing and Related Support Activities	83.9	93.4	95.4	84.9	12	77.6	91.3	3
Primary Metal Manufacturing	79.0	91.1	93.1	75.7	23	67.4	89.1	4
Sawmills and Wood Preservation	75.3	90.4	93.7	73.6	26	65.4	88.8	5
Furniture and Related Products Manufacturing	76.3	89.9	96.6	81.9	16	69.7	85.1	10
Logging	47.3	89.6	89.7	40.9	34	34.7	84.9	12

Source: Survey of Innovation 1999

Do mineral sector firms that acquire machinery and equipment have higher innovation rates than those who do not? Among innovative firms that indicated that they had acquired machinery, equipment or other technology linked to innovation, the top ten industries vary in their relative innovation rank (Table 4). The percent of process innovators that acquired machinery, equipment or

other technology ranges from 89% to 100% of firms amongst the selected natural resource and manufacturing industries covered by the Survey of Innovation 1999. All innovative metal ore mining firms undertook process innovation.

Ninety five percent of process innovative firms in metal ore mining indicated that they had acquired machinery, equipment or other technology during the period 1997-1999. The acquisition of machinery, equipment and technology plays a key role leading to process innovation in metal ore mining firms. Although metal ore mining firms have lower overall innovation rates compared to manufacturing industries, when comparing types of innovation between industries, the percent of process innovators in metal ore mining exceeds that of both the manufacturing and primary manufacturing industries in the mineral sector. Eight of the ten innovative industries with the highest percentage of firms that indicated that they had acquired machinery and equipment are among the top ten industries for percentage of process innovation. Innovative firms that acquire machinery and equipment have higher rates of process innovation than firms that do not.

What types of skills are in demand in the metal ore mining industry? Is there a skills shortage?

Training is an important component of firm success for innovative firms. Employee training is the most frequently chosen firm success factor for innovative metal ore mining firms. It is the second most frequently indicated firm success factor for innovative primary metal manufacturing firms and third most indicated firm success factor for both innovative fabricated metal product manufacturing and innovative manufacturing industries overall (Table 5). Upwards of 80% of metal ore mining, manufacturing overall and primary manufacturing firms indicated that they had engaged in training linked to innovation introduction.

Table 5. Percent of innovative metal ore mining, manufacturing, and primary manufacturing firms with the following training and skill related activities and opinions.

	Metal Ore Mining	Manufacturing	Primary Metal Manufacturing	Fabricated Metal Product Manufacturing
Training employees is important to firm success	83.5	81.9	88.3	79.4
Engaged in training linked to innovation introduction	79.6	81.3	91.2	80.1
Hiring experienced employees is important to firm success	56.9	70.4	63.2	71.4
Hiring new graduates from universities is important to firm success	43.4	22.8	31.9	18.4
Hiring new graduates from technical schools and colleges is important to firm success	46.2	40.9	44.5	42.1
Agree that it is difficult to hire qualified staff and workers	43.8	63.4	54.0	67.7
Agree that it is difficult to retain qualified staff and workers	34.8	34.8	34.1	28.6
Lack of skilled personnel is an obstacle to innovation	24.3	37.4	41.3	45.4

Source: Survey of Innovation 1999

Hiring experienced employees was chosen by a smaller percentage of metal ore mining firms (57%) than manufacturing overall (70%) and the primary manufacturing industries. However, there is a stronger reliance on skilled labour with almost twice the percentage of innovative metal ore mining firms indicating hiring new graduates from universities as a firm success factor over manufacturing.

When it comes to skilled labour, metal ore mining firms have greater variety, drawing their employees from a wider resource pool than manufacturing industry firms. Almost the same percentage of metal ore mining firms (46%) indicated that hiring new graduates from technical schools and colleges was important to firm success as did the percentage of firms indicating universities (43%). This less than 3% difference contrasts with the importance of technical schools and colleges over universities for manufacturing and the primary manufacturing industries, where the difference ranges from 13-24%. This flexibility will impact on the size of the human resource pool from which these industries can draw and is reflected in the percentage of firms that agree that it is difficult to hire qualified staff. There is a smaller percentage of metal ore mining (44%) with the opinion that it is difficult to hire qualified staff compared to a range of more than half to more than two-thirds of the manufacturing and primary manufacturing industries. Although lower than manufacturing and primary manufacturing, the percentage of metal ore mining firms that agree that it is difficult to hire qualified staff and workers is just under 50%. This could indicate a shortage of skilled workers.

About one third of metal ore mining, manufacturing and primary manufacturing firms agree that it is difficult to retain their qualified staff and workers. The lack of skilled personnel is an obstacle to innovation for about one quarter of the innovative metal ore mining firms. It is more of an obstacle for manufacturing overall and the primary manufacturing industries, which have higher overall rates of innovation.

Introduction of new technologies

Methodology

The target population for the 2000 Survey of Electronic Commerce and Technology Survey (SECT) was all economic sectors, both private and public, with the exception of agriculture and construction. The total sample size was approximately 21,000 enterprises[10] with a response rate of 77% representing 93% of economic activity. Data based on a sample size of 177 mining and 3,700 manufacturing firms will be used to describe how these industries react to the introduction of advanced technologies.

How do extraction industries react to new technologies?

For enterprises that introduced significantly improved technologies, the majority of mining firms did so through the purchase of off-the-shelf technologies (Table 6). Some of these purchases would be

[10] Production surveys are typically establishment-based. A statistical enterprise is defined as "... the organisational unit of a business that directs and controls the allocation of resources relating to its domestic operations, and for which consolidated financial and balance sheet accounts are maintained..." (NAICS, Statistics Canada, 1998, p. 9).

from manufacturing industries. The introduction of improved technologies resulted in a requirement for training in mining and manufacturing firms in the mineral sector.

Developing new technologies is not common in the mining industry, undertaken by less than one in ten firms who introduced new technologies. It is more common in the manufacturing industries with about one-quarter of firms indicating that introduction of new technologies was done by developing them.

Table 6. Technology improvements of mining, manufacturing, and primary manufacturing industries in the mineral sector.

	% of enterprises introducing significantly improved technologies	% of enterprises with improved technologies, introducing new technology by:				% of enterprises with improved technologies requiring training
		Purchasing off-the-shelf technologies	Licensing new technologies	Customizing or significantly modifying existing technologies	Developing new technologies	
Mining (Except Oil and Gas Extraction)[11]	50.3	68.1*	12.3	46.3*	9.8	83.0
Manufacturing	50.6	70.8	14.8	51.0	22.8	73.4
Primary Metal Manufacturing	59.1	51.9*	10.2	59.2*	37.7*	71.7*
Fabricated Metal Product Manufacturing	39.3	73.2	20.0	43.6	19.6	74.9

* use with caution
Source: Survey of Electronic Commerce and Technology 2000

Conclusions

Metal ore mining, a natural resource extraction industry, is part of a larger system of innovation including resource management industries, primary manufacturing, construction, service industries, manufacturers of machinery and equipment and the conditions or context under which the firm operates. To get a complete picture of innovation within a system, component of this system must include all actors that are developing or participating in the innovation process. Available innovation data allows an examination of innovation and information transmission in the extraction, primary manufacturing industries and manufacturing. Future surveys may provide further insights into relationships with other actors in this system.

Metal ore mining is characterised by a high percent of process innovation but a much lower rate of product innovation. Moreover, all innovative metal ore mining firms are process innovators with over half being process only innovators. In an industry that produces commodities (raw materials) with long and in some instances, almost infinite life cycles, it is not expected that there will be high rates of product innovation.

Innovation in metal ore mining relied heavily on the acquisition of machinery and equipment as embodied technologies. Mining firms react to new technologies by making off the shelf purchases of this new technology. The manufacturers of this machinery and equipment have high rates of

[11] Includes Coal Mining, Metal Ore Mining, Non-Metallic Mineral Mining and Quarrying, and Support Activities for Mining and Oil and Gas Extraction

innovation. Using the Oslo Manual's innovation indicator for one industry in isolation would attribute this innovative activity to the manufacturers of the machinery and equipment as product innovation. Unless the innovative activity of the suppliers of machinery and equipment is considered, this component of process innovation may not be recognized. In 2000, most mining firms introduced significantly improved technologies through off-the-shelf purchases.

Training is an important component of firm success for innovative firms. The importance of training in mining firms is emphasized knowing that in 2000, most mining firms that introduced significantly improved technologies required training. There is some evidence to suggest that there is a skills shortage in metal ore mining. Metal ore mining firms show no strong preference of one source of skilled labour over the other, be it from universities or colleges and technical schools. Firms can draw from a wide range of skills however, hiring and retaining qualified staff and workers is an issue for many innovative metal ore mining firms. Other survey data sources such as Statistics Canada's Workplace and Employment Survey (WES) could be explored to gain further insights into human resource issues of metal ore mining firms.

Acknowledgements

The system of innovation for the forest sector presented in this paper is the result of work carried out by staff from the Science, Innovation and Electronic Information Division under the direction of Fred Gault in collaboration with staff at Natural Resources Canada (NRCan). In particular the author would like to thank Frances Anderson for her continued direction of research into innovation in the natural resource industries and for sharing the findings from work carried out with John Hector at several forest industry workshops. In addition, this paper has benefited from contributions of Rob Dunn, Tim Norris, John Hector, Jai Persaud and Hugh Deng at NRCan.

References

Abernathy, W. and K. Clark (1985), Innovation: Mapping the winds of creative destruction. Research Policy 14, p. 3-22.

Conference Board of Canada (2001), Investing in Innovation in the Resource Sector: Industry Needs, Barriers and Opportunities for Action.

Foray, D. and P. David (1995), Accessing and expanding the science and technology knowledge base. STI Science, Technology, Industry Review 16, p. 13-68.

Freeman, C. (1987), Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan, Pinter Publishers, London.

Innis, H.A. (1956), *The Fur Trade in Canada: An Introduction to Canadian Economic History*, Revised Edition, University of Toronto Press, p. 386-392.

Kline, S.J. and N. Rosenberg (1986), "An Overview of Innovation", in R. Landau and N. Rosenberg (eds.). *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academy Press, Washington, DC, p. 289.

Laestadius, S. (1998), The relevance of science and technology indicators: the case of pulp and paper. Research Policy 27, p. 385-395.

Lundvall, B.-Å. (1992), "'Introduction', National Systems of Innovation: towards a Theory of Innovation and Interactive Learning" in B. Martin and P. Nightingale (eds.). *The Political Economy of Science, Technology and Innovation, University Press*, Cambridge, UK, p. 524-543.

Lundvall, B.-Å. (1998), Why study national systems and national styles of innovation? Technology Analysis and Strategic Management 10, p. 407-421.

Mohnen, P., J. Romain and J.-S. Gallant (1996). Productivity and research and development in two Canadian forest product industries. Forest Science 42, p. 487-497.

OECD/Eurostat (1997), *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data* (Oslo Manual), Paris.

Padmore, T, H. Schuetze and H. Gibson (1998). Modelling systems of innovation: an enterprise-centred view. Research Policy 26 p. 605-624.

Rao, S., J. Tang and W. Wang (2002). Importance of Skills for Innovation and Productivity. Unpublished.

Rothwell, R. (1994), "Successful Industrial Innovation: Success, Strategy, Trends", in Dodgson, M. and R. Rothwell eds.), *The Handbook of Industrial Innovation*.

Schaan, S. and F. Anderson (2002), Innovation in the Forest Sector. The Forestry Chronicle, volume 78, number 1, pages 60-63.

Statistics Canada (2002), Canadian International Merchandise Trade, December 2001, Statistics Canada Catalogue no. 65-001-XIB.

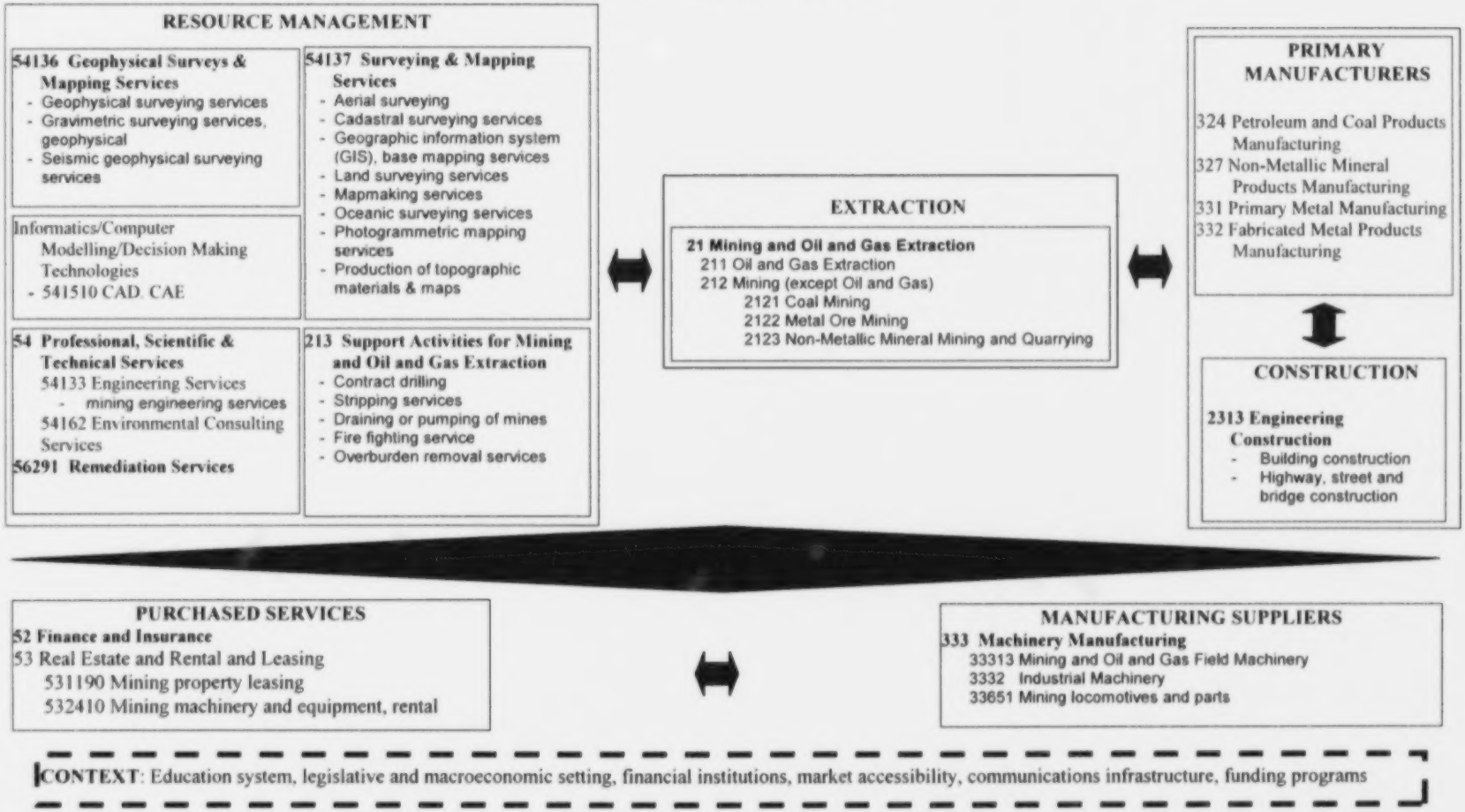
Statistics Canada (2001), Canada's Mineral Production Preliminary Estimates 2001, Statistics Canada Catalogue no. 26-202-XIB.

Statistics Canada (1998a), Science and Technology Activities and Impacts: A Framework for a Statistical Information System, Statistics Canada Catalogue no. 88-522-XPB.

Statistics Canada (1998b), North American Industry Classification System - NAICS Canada, Statistics Canada Catalogue No. 12-501-XPE.

Utterback, J. and W. Abernathy (1975), A dynamic Model of process and production innovation. OMEGA, the International Journal of Management Science, vol. 3, no. 6, p. 639-656.

Annex 1. Groups of Actors in the Mineral Sector Innovation System


RESOURCE MANAGEMENT
54136 Geophysical Surveys & Mapping Services
- Geophysical surveying services
- Gravimetric surveying services, geophysical
- Seismic geophysical surveying services
54137 Surveying & Mapping Services
- Aerial surveying
- Cadastral surveying services
- Geographic information system (GIS), base mapping services
- Land surveying services
- Mapmaking services
- Oceanic surveying services
- Photogrammetric mapping services
- Production of topographic materials & maps
Informatics/Computer Modelling/Decision Making Technologies
- 541510 CAD. CAE
54 Professional, Scientific & Technical Services
54133 Engineering Services
- mining engineering services
54162 Environmental Consulting Services
56291 Remediation Services
213 Support Activities for Mining and Oil and Gas Extraction
- Contract drilling
- Stripping services
- Draining or pumping of mines
- Fire fighting service
- Overburden removal services
EXTRACTION
21 Mining and Oil and Gas Extraction
211 Oil and Gas Extraction
212 Mining (except Oil and Gas)
2121 Coal Mining
2122 Metal Ore Mining
2123 Non-Metallic Mineral Mining and Quarrying
PRIMARY MANUFACTURERS
324 Petroleum and Coal Products Manufacturing
327 Non-Metallic Mineral Products Manufacturing
331 Primary Metal Manufacturing
332 Fabricated Metal Products Manufacturing
CONSTRUCTION
2313 Engineering Construction
- Building construction
- Highway, street and bridge construction
PURCHASED SERVICES
52 Finance and Insurance
53 Real Estate and Rental and Leasing
531190 Mining property leasing
532410 Mining machinery and equipment, rental
MANUFACTURING SUPPLIERS
333 Machinery Manufacturing
33313 Mining and Oil and Gas Field Machinery
3332 Industrial Machinery
33651 Mining locomotives and parts
CONTEXT: Education system, legislative and macroeconomic setting, financial institutions, market accessibility, communications infrastructure, funding programs

How to Order Catalogued Publications

These and other Statistics Canada publications may be purchased from local authorized agents and other community bookstores, through the local Statistics Canada offices, or by mail order to:

Statistics Canada
Dissemination Division
Circulation Management
120 Parkdale Avenue
Ottawa, Ontario
K1A 0T6

Telephone: 1(613)951-7277
National toll free order line: 1-800-700-1033
Fax number: 1-(613)951-1584 or 1-800-889-9734
Toronto Credit Card only (416)973-8018
Internet: order@statcan.ca

CATALOGUED PUBLICATIONS

Statistical Publication

88-202-XPB Industrial Research and Development, 2001 Intentions (with 2000 preliminary estimates and 1999 actual expenditures)

88-204-XIE Federal Scientific Activities, 2001-2002[e] (annual)

88-001-XIB Science Statistics (monthly)

Volume 25

No. 1 Distribution of Federal Expenditures on Science and Technology, by Province and Territories, 1998-99

No. 2 Estimates of Total Spending on Research and Development in the Health Field in Canada, 1988 to 2000[e]

No. 3 Biotechnology Scientific Activities in Selected Federal Government Departments and Agencies, 1999-2000

No. 4 Biotechnology Research and Development (R&D) in Canadian Industry, 1998

No. 5 Research and Development (R&D) Personnel in Canada, 1990 to 1999[e]

No. 6 Industrial Research and Development, 1997 to 2001

No. 7 Estimation of Research and Development Expenditures in the Higher Education Sector, 1999-2000

No. 8 Total Spending on Research and Development in Canada, 1990 to 2001[e], and provinces, 1990 to 1999

No. 9 Federal Government Expenditures on Scientific Activities, 2001-2002[e]

No. 10 Research and Development (R&D) Expenditures of Private Non-Profit (PNP) Organizations, 2000

No. 11 Scientific and Technological (S&T) Activities of Provincial Governments, 1992-93 to 2000-2001[e]

No. 12 Distribution of Federal Expenditures on Science and Technology, by Province and Territories, 1999-2000

Volume 26

No. 1 The Provincial Research Organizations, 1999

No. 2 Biotechnology Scientific Activities Selected Federal Government Departments and Agencies, 2000-2001

No. 3 Estimates of Total Spending on Research and Development in the Health Field in Canada, 1988 to 2001[p]

WORKING PAPERS - 1998

These working papers are available from the Science and Innovation Surveys Section of Statistics Canada, please contact:

Science and Innovation Surveys Section
Science, Innovation and Electronic Information Division
Statistics Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0T6
Internet: http://www.statcan.ca/english/research/scilist.htm
Tel: (613) 951-6309

ST-98-01 A Compendium of Science and Technology Statistics, February 1998

ST-98-02 Exports and Related Employment in Canadian Industries, February 1998

ST-98-03 Job Creation, Job Destruction and Job Reallocation in the Canadian Economy, February 1998

ST-98-04 A Dynamic Analysis of the Flows of Canadian Science and Technology Graduates into the Labour Market, February 1998

ST-98-05 Biotechnology Use by Canadian Industry – 1996, March 1998

ST-98-06 An Overview of Statistical Indicators of Regional Innovation in Canada: A Provincial Comparison, March 1998

ST-98-07 Federal Government Payments to Industry 1992-93, 1994-95 and 1995-96, September 1998

ST-98-08 Bibliometric Analysis of Scientific and Technological Research: A User's Guide to the Methodology, September 1998

ST-98-09 Federal Government Expenditures and Personnel on Activities in the Natural and Social Sciences, 1989-90 to 1998-99[e], September 1998

ST-98-10 Knowledge Flows in Canada as Measured by Bibliometrics, October 1998

ST-98-11 Estimates of Canadian Research and Development Expenditures (GERD), Canada, 1987 to 1998[e], and by Province 1987 to 1996, October 1998

ST-98-12 Estimation of Research and Development Expenditures in the Higher Education Sector, 1996-97, November 1998

WORKING PAPERS - 1999

ST-99-01 Survey of Intellectual Property Commercialization in the Higher Education Sector, 1998, February 1999

ST-99-02 Provincial Distribution of Federal Expenditures and Personnel on Science and Technology, 1988-89 to 1996-97, June 1999

ST-99-03 An Analysis of Science and Technology Workers: Deployment in the Canadian Economy, June 1999

ST-99-04 Estimates of Gross Expenditures on Research and Development in the Health Field in Canada, 1970 to 1998[e], July 1999

ST-99-05 Technology Adoption in Canadian Manufacturing, 1998, August 1999

ST-99-06 A Reality Check to Defining E-Commerce, 1999, August 1999

ST-99-07 Scientific and Technological Activities of Provincial Governments, 1990-1991 to 1998-1999[e], August 1999

ST-99-08 Estimates of Canadian Research and Development Expenditures (GERD), Canada,
1988 to 1999[e], and by Province, 1988 to 1997, November 1999

ST-99-09 Estimation of Research and Development Expenditures in the Higher Education Sector, 1997-98

ST-99-10 Measuring the Attractiveness of R&D Tax Incentives: Canada and Major Industrial Countries, December 1999

WORKING PAPERS - 2000

ST-00-01 Survey of Intellectual Property Commercialization in the Higher Education Sector, 1999
April 2000

ST-00-02 Federal Government Expenditures and Personnel in the Natural and Social Sciences, 1990-91 to 1999-2000[e], July 2000

ST-00-03 A Framework for Enhanced Estimations of Higher Education and Health R&D Expenditures, by Mireille Brochu, July 2000

ST-00-04 Information and Communications Technologies and Electronic Commerce in Canadian Industry, 1999, November 2000

WORKING PAPERS - 2001

ST-01-01 Estimates of Canadian Research and Development Expenditures (GERD), Canada, 1989 to 2000[e], and by Province 1989 to 1998, January 2001

ST-01-02 Estimation of Research and Development Expenditures in the Higher Education Sector, 1998-99, January 2001

ST-01-03 Innovation, Advanced Technologies and Practices in the Construction and Related Industries: Provincial Estimates, 1999, January 2001

ST-01-04 Innovation, Advanced Technologies and Practices in the Construction and Related Industries: National Estimates, 1999, February 2001

ST-01-05 Provincial Distribution of Federal Expenditures and Personnel on Science and Technology 1990-91 to 1998-99, February 2001

ST-01-06 Estimates of Total Expenditures on Research and Development in the Health Field in Canada, 1988 to 2000[e], March 2001

ST-01-07 Biotechnology Use and Development, 1999, March 2001

ST-01-08 Federal Government Expenditures and Personnel in the Natural and Social Sciences, 1991-92 to 2000-2001[e], April 2001

ST-01-09 Estimates of Research and Development Personnel in Canada, 1979 to 1999[e], June 2001

ST-01-10 Innovation in Canadian Manufacturing: National Estimates, 1999, June 2001

ST-01-11 Practices and Activities of Canadian Biotechnology Firms: Results from the Biotechnology Use & Development Survey -- 1999, August 2001

ST-01-12 Canadian Biotechnology Industrial Activities: Features from the 1997 Biotechnology Survey, September 2001

ST-01-13 Innovation in Canadian Manufacturing: Provincial Estimates, 1999, September 2001

ST-01-14 Estimates of Canadian Research and Development Expenditures (GERD), Canada, 1990 to 2001[e], and by Province, 1990 to 1999, November 2001

ST-01-15 Estimation of Research and Development Expenditures in the Higher Education Sector, 1999-2000, December 2001

WORKING PAPERS - 2002

ST-02-01 Innovation and Change in the Public Sector: A Seeming Oxymoron, January 2002

ST-02-02 Measuring the Networked Economy, March 2002

ST-02-03 Use of Biotechnologies in the Canadian Industrial Sector: Results from the Biotechnology Use & Development Survey - 1999, March 2002

ST-02-04 Profile of Spin-off Firms in the Biotechnology Sector: Results from the Biotechnology Use and Development Survey - 1999, March 2002

ST-02-05 Scientific and Technological Activities of Provincial Governments 1992-1993 to 2000-2001[e], April 2002

ST-02-06 Are we Managing our Knowledge? Results from the Pilot Knowledge Management Practices Survey, 2001, April 2002

ST-02-07 Estimates of Total Expenditures on Research and Development in the Health Fields in Canada, 1988 to 2001[p], May 2002

ST-02-08 Provincial Distribution of Federal Expenditures and Personnel on Science and Technology, 1991-92 to 1999-2000, May 2002

ST-02-09 An Overview of Organisational and Technological Change in the Private Sector, 1998-2000, June 2002

ST-02-10 Federal Government Expenditures and Personnel in the Natural and Social Sciences, 1992-1993 to 2001-2002[p], June 2002

ST-02-11 Innovation in the Forest Sector, June 2002

ST-02-12 Survey of Innovation 1999, Methodological Framework: Decisions Taken and Lessons Learned, June 2002

RESEARCH PAPERS – 1996-2001

No. 1 The State of Science and Technology Indicators in the OECD Countries, by Benoit Godin, August 1996

No. 2 Knowledge as a Capacity for Action, by Nico Stehr, June 1996

No. 3 Linking Outcomes for Workers to Changes in Workplace Practices: An Experimental Canadian Workplace and Employee Survey, by Garnett Picot and Ted Wannell, June 1996

No. 4 Are the Costs and Benefits of Health Research Measurable?, by M.B. Wilk, February 1997

No. 5 Technology and Economic Growth: A Survey, by Petr Hanel and Jorge Niosi, April 1998

No. 6 Diffusion of Biotechnologies in Canada, by Anthony Arundel, February 1999

No. 7 Barriers to Innovation in Services Industries in Canada, by Pierre Mohnen and Julio Rosa, November 1999

No. 8 Explaining Rapid Growth in Canadian Biotechnology Firms, by Jorge Niosi, August 2000

No. 9 Internationally Comparable Indicators on Biotechnology: A Stocktaking, a Proposal for Work and Supporting Material, by W. Pattinson, B. Van Beuzekom and A. Wyckoff, January 2001

No. 10 Analysis of the Survey on Innovation, Advanced Technologies and Practices in the Construction and Related Industries, 1999, by George Seaden, Michael Guolla, Jérôme Doutriaux and John Nash, January 2001

No. 11 Capacity to Innovate, Innovation and Impact: The Canadian Engineering Services Industry, by Daood Hamdani, March 2001

No. 12 Patterns of Advanced Manufacturing Technology (AMT) Use in Canadian Manufacturing: 1998 AMT Survey Results, by Anthony Arundel and Viki Sonntag, November 2001

N° 88F0006XIF2002013 au catalogue

L'innovation et l'utilisation de technologies de pointe dans le secteur de l'extraction minière au Canada : Extraction de minerais métalliques

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

L'innovation et l'utilisation de technologies de pointe dans le secteur de l'extraction minière au Canada :

Extraction de minerais métalliques

Susan Schaan

Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique

juillet 2002

88F0006XIF No. 13

Ce document de travail est le résultat d'un projet commun de la Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique de Statistique Canada, d'Industrie Canada, de Ressources naturelles Canada et du Conseil national de recherches du Canada

Documents de travail

Les Documents de travail publient des travaux relatifs aux questions liées à la science et la technologie. Tous les documents sont sujets à un contrôle interne. Les opinions exprimées dans les articles sont celles des auteurs et ne sont pas nécessairement partagées par Statistique Canada, ni dans ce cas, les opinions d'Industrie Canada, Ressources naturelles Canada ou le Conseil national de recherches du Canada.

PERSONNES-RESSOURCES À CONTACTER POUR DE PLUS AMPLES INFORMATIONS

Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique

Directeur Dr. F.D. Gault (613-951-2198)

Directeur adjoint Craig Kuntz (613-951-7092)

Programme d'information sur les sciences et la technologie

Conseillère spéciale, Science et technologie
Dr. Frances Anderson (613-951-6307)

Chef, Indicateurs du savoir
Michael Bordt (613-951-8585)

Chef, Innovation, technologie et emploi
Daood Hamdani (613-951-3490)

Conseiller spécial, Sciences de la vie
Antoine Rose (613-951-9919)

Section des enquêtes des sciences et de l'innovation

Chef, Enquêtes sur la science et la technologie
Bert Plaus (613-951-6347)

Télécopieur: (613-951-9920)

Table des matières

Table des matières 3

Préface 5

Introduction 7

Élaboration d'un système d'innovation 7

Un système d'innovation pour le secteur de l'extraction minière 10

Extraction 12
Fabricants primaires 12
Gestion des ressources 13
Services achetés 13
Fournisseurs de fournitures de fabrication 13
Contexte 13

L'innovation dans le secteur de l'extraction minière : Extraction de minerais métalliques 13

Méthodologie 13
Activités d'innovation dans les branches du secteur de l'extraction minière 14
Pourquoi les entreprises d'extraction et les entreprises manufacturières primaires connexes innovent-elles? 18
D'où viennent les idées en matière d'innovation? 19
Comment les connaissances sont-elles transmises dans le système d'innovation du secteur de l'extraction minière? 20

Conclusions 25

Remerciements 26

Références 27

Annexe 1. Groupes d'acteurs dans le système d'innovation du secteur de l'extraction minière 29

PUBLICATIONS ÉLECTRONIQUES DISPONIBLES À

www.statcan.ca

Préface

Le projet de Système d'information sur les sciences et la technologie a été créé en vue d'élaborer des indicateurs utiles à l'égard de l'activité liée aux sciences et à la technologie au Canada, dans un cadre les regroupant de manière cohérente. Pour atteindre l'objectif, des indicateurs statistiques sont en voie d'élaboration dans cinq grandes catégories :

- **Acteurs** : personnes et établissements engagés dans des activités de S-T. Au nombre des mesures prises, citons l'identification des participants en R-D et des universités qui accordent une licence pour l'utilisation de leurs technologies, ainsi que la détermination du domaine d'études des diplômés.
- **Activités** : comportent la création, la transmission et l'utilisation des connaissances en S-T, notamment la recherche et le développement, l'innovation et l'utilisation des technologies.
- **Liens** : moyen par lequel les connaissances en S-T sont communiquées aux intervenants. Au nombre des mesures, on compte l'intégration des diplômés dans les industries, l'octroi à une entreprise d'une licence pour l'utilisation de la technologie d'une université, la copaternité de documents scientifiques et la source d'idées en matière d'innovation dans l'industrie.
- **Résultats** : résultats à moyen terme d'activités. Dans une entreprise, l'innovation peut entraîner une amélioration de la productivité, une amélioration de la qualité des produits ou la création d'emplois plus spécialisés. Dans une autre, l'adoption d'une nouvelle technologie peut mener à une plus grande part de marché.
- **Incidences** : répercussions à plus long terme des activités, du maillage et des résultats. La téléphonie sans fil résulte d'activités, de maillages et de résultats multiples. Elle présente une vaste gamme d'incidences économiques et sociales, comme l'augmentation de la connectivité.

Statistique Canada veille à l'élaboration actuelle et future de ces indicateurs, de concert avec d'autres ministères et organismes et un réseau d'entrepreneurs.

Avant la mise en route des travaux, les activités liées à la S-T étaient évaluées uniquement en fonction de l'information et des données sur l'investissement en ressources humaines et financières dans le secteur de la recherche et du développement (R-D). Pour les administrations publiques, on a ajouté l'évaluation de l'activité scientifique connexe (ASC), comme les enquêtes et les essais courants. Cette évaluation donnait un aperçu limité des sciences et de la technologie au Canada. D'autres mesures s'imposaient pour améliorer le tableau.

C'est dans ce contexte que l'Enquête sur l'innovation 1999 a été élaborée. On part du principe que l'innovation rend les entreprises concurrentielles. L'un des objectifs de l'enquête consistait donc à déterminer s'il existait des différences significatives entre les entreprises innovatrices et non innovatrices dans le secteur de la fabrication et dans certaines branches des ressources naturelles. La capacité d'innover repose sur les personnes, et des mesures sont en voie d'élaboration au sujet des caractéristiques des personnes qui se trouvent dans les secteurs qui dirigent l'activité scientifique et technologique. Dans ces secteurs, on est sur le point d'établir des mesures au sujet de la création et de la perte d'emplois, en vue de cerner l'incidence des changements technologiques.

Le présent document de travail fait partie d'une série qui porte sur les résultats de l'Enquête sur l'innovation 1999. Les documents de travail précédents comprenaient un examen des estimations

nationales de l'innovation dans le secteur de la fabrication, ainsi que des tableaux statistiques des estimations provinciales de l'innovation dans le secteur de la fabrication.

Le cadre décrit brièvement ci-dessus, qui sert de guide à l'élaboration future d'indicateurs, a été publié en décembre 1998 (**Activités et incidences des sciences et de la technologie — cadre conceptuel**, n° 88-522 au catalogue). Ce cadre a donné lieu à un **Plan stratégique quinquennal pour le développement d'un système d'information sur les sciences et la technologie** (n° 88-523 au catalogue).

Les documents de travail et de recherche sont accessibles sans frais à l'adresse du site Internet de Statistique Canada :
http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub/research.cgi?subject=193

Introduction

En 2001, la production minérale canadienne comprenait 26 minerais métallifères, 31 minéraux non métalliques et 4 combustibles, la valeur de production totale s'établissant à 83,8 milliards de dollars selon les livraisons (Statistique Canada, 2001). Le Canada est l'un des plus importants exportateurs de minéraux et de produits minéraux au monde, ce secteur contribuant 27,5 milliards de dollars aux échanges commerciaux en 2001 (Statistique Canada, 2002).

L'innovation dans le secteur de l'extraction minière au Canada est d'importance capitale pour permettre à ce secteur de soutenir la concurrence dans l'économie mondiale. Comme dans d'autres secteurs, l'élaboration de nouveaux produits, l'adoption et l'utilisation de nouvelles technologies, l'amélioration de la structure organisationnelle et l'adoption de techniques de gestion améliorées peuvent procurer un avantage concurrentiel.

L'Enquête sur l'innovation de 1999 a porté sur le secteur de la fabrication et était la première enquête sur l'innovation auprès de certaines branches de ressources naturelles au Canada[1]. Elle a été menée selon le cadre et les principes directeurs exposés dans le Manuel d'Oslo (OCDE/Eurostat, 1997) pour la collecte de données sur l'innovation. Le questionnaire de l'Enquête sur l'innovation de 1999 comprenait aussi des questions destinées à permettre d'examiner la relation entre les fournisseurs et certaines branches de ressources naturelles. L'Enquête sur le commerce électronique et la technologie de 2000 comprenait deux questions sur les améliorations organisationnelles et technologiques qui ont permis de recueillir les premières données sur ces sujets à l'échelle de l'économie.

Le présent document vise à examiner l'innovation et l'utilisation de technologies de pointe dans le secteur de l'extraction minière. L'auteur décrit les caractéristiques des entreprises innovatrices dans plusieurs branches du système du secteur de l'extraction minière axées sur l'extraction de minerais métalliques, ainsi que les relations entre ces entreprises. On utilise les données de l'Enquête sur l'innovation de 1999 pour analyser le type d'innovation et les activités innovatrices des entreprises dans le système du secteur de l'extraction minière. On examine aussi les sources d'information pour l'innovation, les objectifs de l'innovation et les facteurs de succès commercial, y compris les types de compétences dont recherchent les entreprises d'extraction de minerais métalliques. On utilise les données de l'Enquête sur le commerce électronique et la technologie 2000 pour examiner la façon dont les entreprises réagissent aux technologies de pointe en décrivant la manière dont les entreprises minières ont adopté des technologies améliorées.

Élaboration d'un système d'innovation

Plusieurs éléments influent sur la façon dont les branches mènent leurs activités et, par conséquent, doivent être pris en compte dans tout système d'innovation. Ces éléments comprennent

---

[1] Statistique Canada a mené plusieurs enquêtes sur l'innovation depuis 1993 dans le but de mieux comprendre ce phénomène au Canada. L'Enquête sur les innovations et les technologies de pointe de 1993 portait sur les entreprises de fabrication. L'Enquête sur l'innovation de 1996 était quant à elle axée sur les communications, les services financiers et les services techniques aux entreprises. L'Enquête de 1999 sur l'innovation, les technologies et les pratiques de pointe dans l'industrie de la construction et les industries connexes était la première enquête sur les technologies et les pratiques de pointe dans le secteur de la construction.

l'infrastructure, les conditions macroéconomiques, les caractéristiques du processus de production et le rôle de l'entreprise dans les activités innovatrices (Freeman, 1987, Lundvall, 1992).

Le contexte culturel et institutionnel ainsi que la structure économique du pays constituent l'infrastructure dans laquelle les entreprises mènent leurs activités. Ces conditions sous-jacentes influent sur toutes les activités menées par l'entreprise, y compris l'innovation. Selon Lundvall (1992, 1998) l'innovation est fondée sur le savoir, lequel s'acquiert par l'apprentissage. Or, l'apprentissage est essentiellement interactif et donc un processus « intégré socialement ». Lundvall émet l'hypothèse que si les établissements de recherche définissent comment les choses sont faites et comment l'apprentissage a lieu, la structure économique influe sur ce qui est fait et, par conséquent, sur ce qui est appris. Les origines de ces établissements peuvent remonter loin dans l'histoire sociale. Par conséquent, si nous voulons comprendre le processus d'innovation dans une économie, nous devons non seulement tenir compte des conditions macroéconomiques, mais examiner le contexte institutionnel et culturel de cette économie afin de comprendre les mesures prises par l'entreprise.

Dans son document intitulé « Staple Theroy », Innis (1956) décrit le contexte institutionnel et culturel de l'économie canadienne et les effets cumulatifs de l'exploitation de produits de base comme le bois, le blé, le poisson (la morue), les fourrures et l'or. Ces produits de base jouent un rôle important dans l'histoire économique du Canada. Les immigrants au Canada produisaient des biens qui étaient en demande dans leur pays d'origine et devaient donc procurer des bénéfices importants. Il s'agissait de produits utilisés aux fins de la fabrication d'articles de luxe ou bien qui étaient produits en nombre minimal ou ne l'étaient pas du tout dans leur pays d'origine. La récolte ou l'extraction de matières premières stimulait la fabrication de produits finis en demande dans les pays d'Europe d'où venaient les immigrants et dans la colonie. L'énergie était axée directement et indirectement sur la production du produit de base. Une partie de la population participait directement à sa production tandis que d'autres personnes y participaient indirectement en créant les installations destinées à la faciliter. La production de produits agricoles comme le blé et le bois et, plus tard, de minéraux comme l'or, le nickel et d'autres métaux a augmenté à mesure que les techniques de production (machines et matériel), la commercialisation et le transport se sont améliorés et que la demande s'est accrue. Ces améliorations ont eu des répercussions aussi bien sur les exploitants (moissonneurs et mineurs) que sur les fabricants. Une demande plus forte a favorisé le progrès technologique, tant pour accroître l'offre de matières premières que pour composer avec l'afflux de matières premières aux fabricants.

Le progrès technique qui modifie les procédés de production n'est qu'un aspect de l'innovation, mais il a joué un rôle important dans les innovations des entreprises d'extraction de minerais métalliques dans le passé et continue de jouer un rôle important aujourd'hui. Utterback et Abernathy (1975) et Abernathy et Clark (1985) ont examiné l'influence des procédés de production sur les activités d'innovation des entreprises. Les caractéristiques de l'innovation correspondent à l'étape de l'élaboration de la technologie des procédés de production. On met l'accent sur les progrès techniques qui ont lieu graduellement au fil de l'évolution d'une branche d'activité. L'environnement dans lequel une entreprise mène ses activités et la signification sur le plan de la concurrence de l'innovation, qui comprend l'objectif de l'innovation et les facteurs de succès commercial, ont une incidence sur le type d'innovations qu'une entreprise tâche d'introduire.

Comment mesure-t-on l'innovation dans l'entreprise? Les modèles d'activités d'innovation des entreprises explorent les interactions qui comprennent les échanges de connaissances à l'intérieur de l'entreprise et de sources externes (Kline et Rosenberg, 1986; Padmore et coll., 1998). Le Manuel d'Oslo (1997) propose des principes directeurs pour la collecte et l'interprétation des données sur l'innovation dans un système d'innovation. On traite le progrès technique au niveau de la firme ou de l'entreprise, dans le cadre d'un système complexe qui comprend de nombreux éléments en interaction. L'application des principes du Manuel d'Oslo permet de produire des indicateurs de l'innovation utiles et comparables sur le plan international. Pour être qualifié d'innovateur, le produit doit avoir été mis en marché. Une entreprise innovatrice est une entreprise qui a offert ou mis en œuvre un produit ou procédé nouveau ou sensiblement amélioré au cours des trois dernières années. Le terme « produit » englobe à la fois les biens et les services qui découlent de l'innovation. Pour sa part, pour être qualifié d'innovateur, un procédé doit avoir été utilisé dans le processus de production.

Ce cadre conceptuel axé sur l'entreprise comprend quatre éléments dont chacun joue un rôle dans l'innovation commerciale. L'entreprise est appelée la « dynamo de l'innovation » puisque c'est par son entremise que les innovations sont apportées. Une série de « facteurs de transfert » fondés sur l'apprentissage influent sur les activités d'innovation de l'entreprise. Il s'agit des facteurs sur les plans humain, social et culturel qui exercent une influence sur la transmission d'information aux entreprises et sur l'apprentissage qui se fait par leur entremise. Les entreprises existent et mènent leurs activités dans le cadre d'une série de conditions et d'institutions établies qui déterminent l'éventail des possibilités d'innovation. Ces « conditions cadres » comprennent le système éducatif de base, l'infrastructure des communications, les institutions financières, le contexte législatif et macroéconomique, l'accessibilité du marché, les structures industrielles et les conditions dans lesquelles s'exerce la concurrence. Les diverses institutions qui fournissent la formation technologique et les connaissances scientifiques constituent la « base scientifique et technique » de ce système.

Pour mesurer le progrès technique, il importe aussi de comprendre les différentes façons dont de nouvelles connaissances et informations sont produites et diffusées. Ces connaissances et informations peuvent être intégrées à de nouveaux produits et procédés, tel que décrit dans le modèle d'innovation fondé sur « l'intégration des systèmes et le réseautage » de Rothwell (1994) qui permet la transmission de progrès techniques au moyen de changements technologiques. Les nouvelles connaissances et informations peuvent aussi prendre la forme de pratiques organisationnelles adoptées par une branche d'activité donnée, de connaissances tacites que possèdent les personnes qui ont des compétences spécialisées acquises au moyen d'études ou d'expérience, ou de connaissances et informations qui peuvent être codifiées dans des manuels, être présentées dans certaines publications ou entrer dans la conception de logiciels ou de produits. La diffusion des connaissances exige un utilisateur qui peut trouver, comprendre et absorber puis appliquer les connaissances scientifiques et technologiques (S-T) dans la forme dans laquelle elles sont transmises (Statistique Canada, 1998a).

Foray et David (1995) ont examiné la diffusion des connaissances et décrivent trois activités de base du système S-T : la production, la transmission et l'utilisation de connaissances S-T. La Division des sciences de l'innovation et de l'information électronique de Statistique Canada a élaboré un cadre d'organisation des données permettant de comprendre le système scientifique et technologique

(1998a). Reconnaissant que l'innovation est l'une seulement des activités auxquelles servent les connaissances S-T[2], ce cadre permet d'examiner les interactions avec la société, l'économie et le système politique en tant que système de flux d'information. Il promeut l'examen d'une branche d'activité dans le cadre de ce système. Les « acteurs » entreprennent des innovations en matière de produits ou de procédés et divers indicateurs des objectifs et des résultats fournissent une description statistique des activités d'innovation de l'entreprise.

Le présent document se compose de trois sections. La première expose un modèle de système d'innovation pour le secteur de l'extraction minière qui comprend de nombreux secteurs industriels et la transmission de connaissances entre ces secteurs. La deuxième section examine les caractéristiques des entreprises innovatrices dans le système de l'extraction minière et plus particulièrement les types d'innovations et les activités d'innovation des entreprises. On y examine aussi les sources d'information pour l'innovation, les objectifs de l'innovation et les facteurs de succès commercial. La dernière section expose la manière dont les entreprises minières adoptent des technologies améliorées.

Un système d'innovation pour le secteur de l'extraction minière

Le secteur de l'extraction minière au Canada est un système interactif composé de six principaux groupes d'acteurs qui mènent leurs activités dans un contexte macroéconomique, social et culturel. Le groupe des acteurs comprend les personnes et les établissements engagés dans la gestion des ressources et l'extraction de matières primaires ainsi que les fabricants de produits à partir de matières premières, les utilisateurs de matières premières extraites, les services de soutien aux autres acteurs dans le système et les fabricants de machines, de matériel et d'outils utilisés par les autres acteurs dans le système.

On peut soutenir que l'innovation dans le secteur de l'extraction minière a lieu dans le cadre d'un système interactif plus vaste. Pour comprendre le processus d'innovation, il ne faut pas en examiner une partie isolément. Le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord ou SCIAN (Statistique Canada, 1998b) permet la collecte et la diffusion de données comparables sur les branches d'activité. Les mots « minière », « mine » et « minerai » se trouvent dans l'index alphabétique du SCIAN sous 17 rubriques portant sur des branches d'activité dans une vaste gamme de secteurs (secteurs à deux chiffres du SCIAN). Ces secteurs comprennent l'agriculture, la foresterie, la pêche et la chasse (SCIAN 11); l'extraction minière et l'extraction de pétrole et de gaz (SCIAN 21); la construction (SCIAN 23); certaines branches du secteur de la fabrication (SCIAN 33); le commerce de gros (SCIAN 41); les services immobiliers et les services de location et de location à bail (SCIAN 53); les services professionnels, scientifiques et techniques (SCIAN 54); et les autres services, sauf les administrations publiques (SCIAN 81)[3]. Seule l'une de ces branches

[2] Les autres activités en S-T prévues dans le cadre comprennent la R-D, l'invention et la diffusion de connaissances technologiques.

[3] Les branches énumérées comprennent : coupe de bois de mine (113311); exploitation du minerai contenant du molybdène (212299); exploitation du minerai contenant du plomb-zinc (212231); extraction du minerai contenant du cuivre (212233); exploitation minière de gypse (212395); construction d'installations minières, entrepreneurs généraux (231390); quais de chargement et de déchargement de minerais, construction (231390); mines, machinerie et matériel d'exploitation des, fabrication (333130); locomotives de mines et pièces, fabrication (336510); mines, machinerie de, commerce de gros (417220); enrichissement de minerais, machinerie pour l', commerce de gros (417220); minière,

comprend le mot « minière » dans le titre, soit l'extraction minière et l'extraction du pétrole et de gaz. Le mot « minéral » figure dans un nombre d'entrées plus petit, soit seulement cinq entrées pertinentes[4]. Parmi ces entrées sont comprises certaines branches du secteur de la fabrication (SCIAN 32); le commerce de gros (SCIAN 41); et les services immobiliers et les services de location et de location à bail (SCIAN 53)[5].

Une approche axée sur les systèmes de description du secteur de l'extraction minière combine les concepts du « terrain politique de l'innovation » décrit dans le Manuel d'Oslo et les concepts du document intitulé « Cadre conceptuel pour un système d'information statistique » (Statistique Canada, 1998a). Pour réduire la complexité et pour limiter la portée du présent document, nous excluons certains secteurs. Par exemple, le secteur de la construction qui utilise des produits des branches de l'extraction comme le sable et le gravier n'est pas compris dans notre analyse[6], mais nous reconnaissons que les entreprises dans le secteur de la construction utilisent les produits du secteur minier. De même, le secteur des transports, le secteur du commerce de gros et la partie du secteur de la construction qui construit des installations minières ne sont pas représentés dans le système exposé dans le présent document, mais nous reconnaissons qu'ils sont au nombre de ceux qui jouent un rôle également.

Les travaux d'analyse préliminaires au moyen des données de l'Enquête sur l'innovation de 1999 ont porté principalement sur les activités innovatrices des entreprises d'extraction de minerais métalliques, d'extraction de minerais non métalliques et d'extraction de charbon. Le groupe de branches examinées a été bientôt élargi de manière à inclure les branches qui jouent un rôle dans les activités de ces entreprises. Le système du secteur de l'extraction minière proposé dans le présent document est fondé sur une approche des systèmes mise au point initialement dans le cadre de l'analyse de l'innovation dans le secteur forestier (Schaan et Anderson, 2002). Le système du secteur de l'extraction minière comprend six principaux groupes d'acteurs, soit les personnes et les établissements engagés dans la gestion des ressources et l'extraction des matières premières, les fabricants de produits à partir de matières premières, les utilisateurs de matières premières extraites, les services de soutien aux autres acteurs dans le système et les fabricants de machines, de matériel et d'outils utilisés par les autres acteurs dans le système. Les branches engagées dans l'extraction ont servi de point de départ pour l'élaboration du système. Les acteurs ont été regroupés selon les branches d'activité qu'ils comprennent (annexe 1) en fonction du principal type d'activité menée par ces branches. Les différents aspects du système du secteur de l'extraction minière sont présentés à la

---

agents et courtiers du commerce de gros de machines et de matériel pour l'exploitation (419170); propriété minière, affermage de (531190); minier, location de machines et matériel (532410); ingénieur minier, services d' (541330); minier, réparation de machineries et matériel (811310); associations de producteurs miniers (813910).

[4] Les entrées suivantes : supplément d'aliments minéraux, fabrication (311119), eau minérale, commerce de détail (445299) et eau minérale, embouteillage et purification (312110) n'entrent pas dans le cadre de la présente étude.

[5] Les branches du secteur privé énumérées comprennent : laine minérale isolante, fabrication (327990); laine minérale, pierre à chaux, scories et verre, fabrication (327990); laine minérale, matériaux d'isolation, commerce de gros (416390); enrichissement de minerais, machinerie pour l', commerce de gros (417220); emprises routières, acquisition, entrepreneurs (531210);

[6] L'Enquête de 1999 sur l'innovation, les technologies et les pratiques de pointe dans l'industrie de la construction et les industries connexes a permis de recueillir des données sur l'innovation, les technologies et les pratiques de pointe utilisées dans le secteur de la construction et des secteurs connexes. Pour un résumé des conclusions de l'enquête, voir Anderson et Schaan (2001), L'innovation, les technologies et pratiques de pointe dans l'industrie de la construction et les industries connexes : Estimations nationales n° 88F0006XIF010004.

figure 1. Entre chaque groupe d'acteurs, une série de facteurs de transfert influent sur la diffusion de connaissances scientifiques et technologiques (indiqués par les différentes flèches à la figure 1).

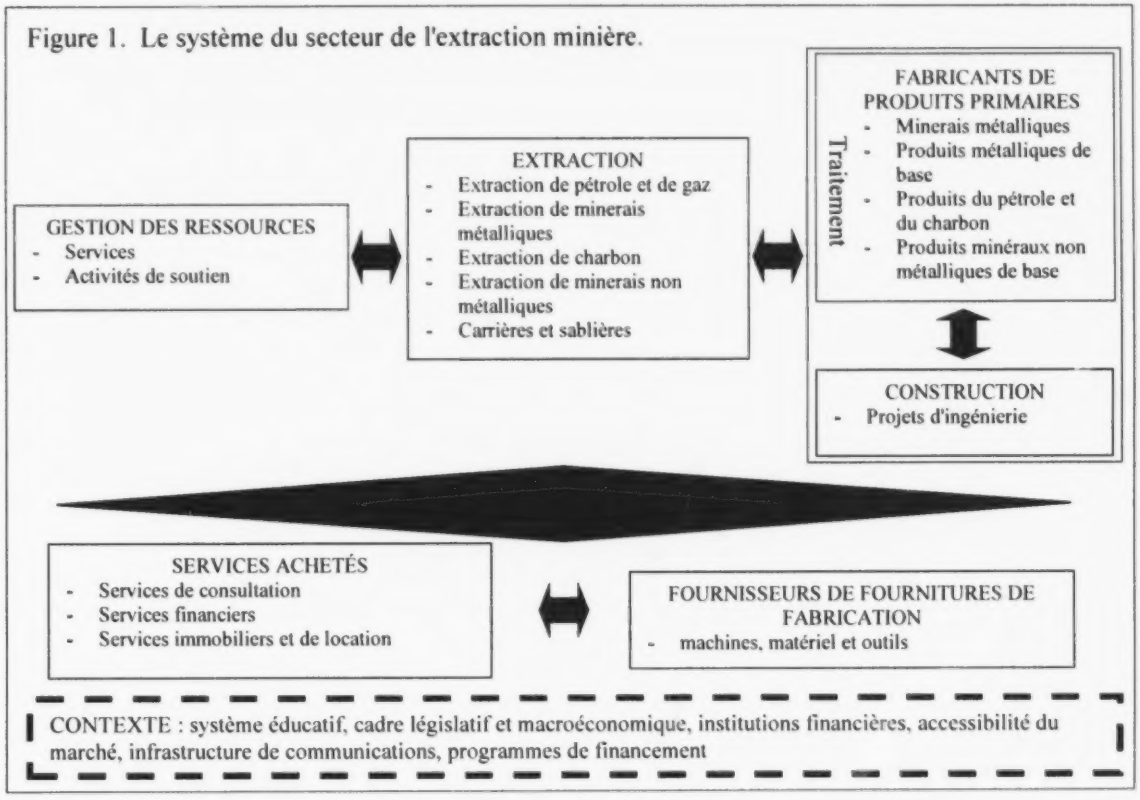


Figure 1. Le système du secteur de l'extraction minière.
GESTION DES RESSOURCES
- Services
- Activités de soutien
EXTRACTION
- Extraction de pétrole et de gaz
- Extraction de minerais métalliques
- Extraction de charbon
- Extraction de minerais non métalliques
- Carrières et sablières
Traitement
FABRICANTS DE PRODUITS PRIMAIRES
- Minerais métalliques
- Produits métalliques de base
- Produits du pétrole et du charbon
- Produits minéraux non métalliques de base
CONSTRUCTION
- Projets d'ingénierie
SERVICES ACHETÉS
- Services de consultation
- Services financiers
- Services immobiliers et de location
FOURNISSEURS DE FOURNITURES DE FABRICATION
- machines, matériel et outils
CONTEXTE : système éducatif, cadre législatif et macroéconomique, institutions financières, accessibilité du marché, infrastructure de communications, programmes de financement

Chaque groupe d'acteurs mène ses activités dans un contexte macroéconomique, social et culturel. Les divers groupes d'acteurs sont décrits en fonction de leur rapport avec les branches de l'extraction.

Extraction

- Les produits (matières premières) sont récoltés ou extraits de la terre par des entreprises minières et d'extraction du pétrole et du gaz, entre autres.

Fabricants primaires

- Transforment/raffinent les matières premières en produits métalliques, produits composés de métal ou produits contenant surtout du métal.
- Les produits sont des extrants utilisés par les consommateurs ou des intrants pour d'autres branches d'activité aux fins de transformation plus avancée.

Construction

- Utilisation de matières extraites comme le sable et le gravier dans leur forme brute et non transformée aux fins de divers projets d'ingénierie tels que la construction de routes.

Gestion des ressources

- Comprend divers services d'arpentage et de cartographie, des services environnementaux, des services d'ingénierie, des services de soutien et des services-conseils.
- Les services sont directement liés aux gisements et à la gestion de la ressource de sorte que les réserves peuvent répondre à la demande et qu'on puisse continuer de soutenir la concurrence.
- Joue un rôle important dans les branches des ressources naturelles mais est moins importante pour les branches de la fabrication qui ont un système de production en usine.

Services achetés

- Fourniture de services moyennant le versement de frais ou d'une commission ou fourniture de services spécialisés dans un secteur.
- Comprend les laboratoires de recherche et développement du secteur privé, les agences immobilières et de location, les banques et les services de conseils en placement.

Fournisseurs de fournitures de fabrication

- Produisent des machines, du matériel et des outils.
- Peuvent être utilisés par n'importe quelle branche d'activité.

Contexte

- Le contexte social et économique sous-jacent dans lequel toutes les branches mènent leurs activités.
- Les conditions et les institutions déterminent la gamme des possibilités d'innovation et peuvent aussi avoir un effet sur la diffusion des connaissances technologiques et scientifiques.
- Comprend le contexte social, les installations publiques de R-D, l'infrastructure de communication (routes, réseaux de transport, etc.), les règlements opérationnels adoptés par les administrations publiques et les protocoles régissant l'activité des branches.

L'innovation dans le secteur de l'extraction minière : Extraction de minerais métalliques

Méthodologie

La population visée par l'Enquête sur l'innovation de 1999 se composait de toutes les entreprises du secteur de la fabrication ou de certaines branches des ressources naturelles au Canada qui avaient répondu aux enquêtes existantes sur la production[7]. L'échantillon comptait cinq branches des ressources naturelles, y compris 83 entreprises d'extraction de minerais métalliques et 922 entreprises d'extraction de minerais non métalliques, soit un échantillon total de 674 entreprises dans les branches des ressources naturelles sélectionnées. Toutes les 31 branches du secteur de la fabrication ont été échantillonnées, ce qui a donné un échantillon total de 5 944 entreprises manufacturières. Les résultats de l'enquête fournissent des données sur l'innovation pour certaines seulement des branches dans les divers groupes d'acteurs indiqués à la figure 1, y compris les

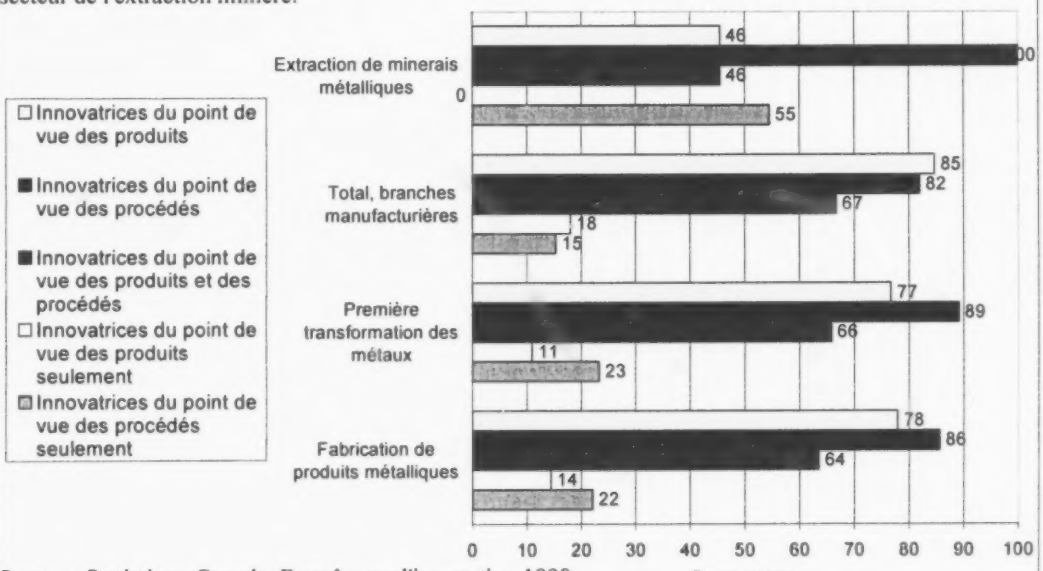
[7] Pour plus de détails sur la méthode d'échantillonnage, consulter Schaan et Nemes (2002), Enquête sur l'innovation 1999, Cadre méthodologique : Décisions prises et leçons apprises. Statistique Canada no. 88F0006XIF2002012 au catalogue.

branches de l'extraction et de la fabrication. Les entreprises innovatrices dans les branches de l'extraction de minerais métalliques et de la fabrication seront examinées dans la section suivante du document au moyen des données de l'Enquête sur l'innovation utilisées pour décrire le système d'innovation du secteur de l'extraction minière.

Activités d'innovation dans les branches du secteur de l'extraction minière

Comprendre pourquoi une entreprise pourrait innover peut aider à prévoir le type d'innovations qui seront faites, c'est-à-dire innovations de produits ou innovations de procédés. Les branches d'extraction et les branches manufacturières primaires du secteur de l'extraction minière se distinguent selon le type d'innovations qu'elles font (figure 2).

Figure 2. Pourcentage d'entreprises innovatrices selon le type d'innovations dans les branches innovatrices d'extraction de minerais métalliques, manufacturières et manufacturières premières dans le secteur de l'extraction minière.



Source : Statistique Canada, Enquête sur l'innovation 1999

Dans l'ensemble, les branches innovatrices du secteur de la fabrication sont innovatrices plus souvent du point de vue des produits que du point de vue des procédés. Les branches du secteur de l'extraction minière, notamment celles de l'extraction de minerais métalliques, affichent toutefois une tendance inverse. Selon les données recueillies sur les branches d'extraction de minerais métalliques et les branches manufacturières primaires innovatrices, ces branches sont davantage portées sur les innovations de procédés que sur les innovations de produits. En outre, l'écart entre le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des produits et le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des procédés est le plus grand dans la branche de l'extraction de minerais métalliques par rapport aux branches manufacturières primaires. En outre, toutes les entreprises innovatrices d'extraction de minerais métalliques sont innovatrices du point de vue des procédés mais moins de la moitié (46 %) sont innovatrices du point de vue des produits. L'extraction de minerais métalliques

est la seule branche visée par l'Enquête sur l'innovation de 1999 dans laquelle toutes les entreprises innovatrices étaient innovatrices du point de vue des procédés.
À mesure que les matières premières produites par les entreprises d'extraction de minerais métalliques sont transformées par les diverses branches manufacturières primaires, l'écart entre le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des produits et le pourcentage des entreprises innovatrices du point de vue des procédés se réduit (figure 2). Prenons, par exemple, les résultats de la fonte et de l'affinage de métaux par les entreprises de première transformation de métaux, qui peuvent être transformés ensuite en tôle, feuillards, ronds, barres, fils ou produits moulés et autres produits métalliques de base. Nous constatons ici un écart de 12 % entre le pourcentage des entreprises innovatrices du point de vue des produits et le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des procédés. Les branches de fabrication de produits métalliques peuvent transformer ces derniers en produits assemblés tels que fenêtres, portes et articles de quincaillerie en métal. Dans ce cas, nous constatons que l'écart entre le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des produits et le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des procédés a diminué, passant à 8 %.

Le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des produits seulement ou des procédés seulement atteste aussi de ce penchant pour l'innovation du point de vue des procédés des branches d'extraction et des branches manufacturières primaires. Il n'y a pas d'entreprises d'extraction de minerais métalliques qui adoptent des innovations du point de vue des produits seulement. Toutefois, plus de la moitié (55 %) des entreprises d'extraction de minerais métalliques innovatrices sont innovatrices du point de vue des procédés seulement. On constate une relation similaire en ce qui concerne les branches manufacturières primaires. Toutefois, l'écart entre le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des produits seulement et le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des procédés seulement est plus petit. Dans l'ensemble du secteur de la fabrication, la tendance est inverse. Le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des produits seulement est plus grand que le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des procédés seulement.

Les branches des ressources naturelles produisent des matières brutes qui ont un long cycle de vie et dans le cas de certaines, par exemple l'or, un cycle de vie virtuellement infini. Seulement 3,1 % des entreprises innovatrices d'extraction de minerais métalliques ont indiqué que le remplacement de produits éliminés graduellement est un objectif important de l'innovation, comparativement à plus du tiers des entreprises innovatrices du secteur de la fabrication (37 %, tableau 2). La durée du cycle de vie d'un produit influe sur l'indicateur de l'innovation (Manuel d'Oslo, page 21).

Moins du tiers de toutes les entreprises d'extraction de minerais métalliques ont indiqué que l'élaboration de nouveaux produits ou procédés est un important facteur de succès commercial, comparativement à plus de la moitié des entreprises manufacturières primaires du secteur de l'extraction minière et près des deux tiers des entreprises dans l'ensemble du secteur de la fabrication (tableau 1). Dans le cas des entreprises qui ont élaboré de nouveaux produits ou procédés, juste au-dessus de la moitié (53 %) des entreprises innovatrices du secteur de l'extraction minière ont indiqué que l'élaboration de nouveaux produits et procédés est un facteur de succès commercial, comparativement à près du tiers (72 %) du total des entreprises dans le secteur de la fabrication et à environ 60 % des entreprises manufacturières primaires dans le secteur de l'extraction minière.

Même si l'innovation est un facteur important de succès pour les entreprises d'extraction de minerais métalliques, les entreprises du secteur de la fabrication et les entreprises manufacturières primaires accordent plus d'importance à l'innovation comme facteur de succès que les entreprises d'extraction de minerais métalliques.

Par contre, la satisfaction des clients existants est le facteur auquel le pourcentage le plus élevé de branches innovatrices du secteur de la fabrication et de branches manufacturières primaires attribuent le succès commercial de l'entreprise; c'était le cas de plus de 97 % de ces entreprises. La satisfaction des clients se situe au troisième rang des facteurs de succès le plus souvent indiqués par les entreprises innovatrices d'extraction de minerais métalliques; il est cité par moins des deux tiers (62 %) des entreprises. Moins du quart (21 %) de toutes les entreprises d'extraction de minerais métalliques ont adopté de nouveaux produits pendant la période allant de 1997 à 1999, comparativement à plus des deux tiers (68 %) de l'ensemble des entreprises dans le secteur de la fabrication. Parmi les entreprises innovatrices, moins de la moitié des entreprises d'extraction de minerais métalliques sont innovatrices du point de vue des produits comparativement à 85 % de l'ensemble des entreprises dans le secteur de la fabrication et à plus de trois quarts des entreprises dans les branches manufacturières primaires (figure 2). Les entreprises d'extraction de minerais métalliques innovatrices ne croient pas avoir besoin de nouveaux produits même si elles estiment que la satisfaction des clients est un important facteur de succès commercial. Pourquoi, donc, s'attendrait-on à ce qu'elles élaborent de nouveaux produits?

Les branches qui produisent des produits dont le cycle de vie plus court ont plus souvent besoin d'innovations que celles qui produisent des produits dont le cycle de vie est plus long. Étant donné la nature des produits de la branche d'extraction de minerais métalliques, ces entreprises minières n'ont pas vraiment besoin d'innover selon le cycle de trois ans prévu par le Manuel d'Oslo. Elles devraient être davantage portées à innover du point de vue des procédés que du point de vue des produits. Y a-t-il d'autres moteurs de l'innovation dans l'extraction de minerais métalliques?

Le contexte macroéconomique et culturel de la branche de l'extraction de minerais métalliques et d'autres branches d'exploitation/extraction au Canada a été établi aux débuts de notre histoire économique au moment où les marchés des matières premières ont été développés et les interdépendances avec les fabricants ont été établies. Juste au-dessus du tiers des entreprises d'extraction de minerais métalliques considèrent la recherche de nouveaux marchés comme un facteur de succès commercial, comparativement à plus des trois quarts des entreprises innovatrices du secteur de la fabrication (tableau 1). Un pourcentage encore plus petit d'entreprises d'extraction de minerais métalliques sont d'avis que l'établissement de marchés-créneaux ou spécialisés est un facteur de succès commercial, comparativement à entre deux tiers et trois quarts des entreprises innovatrices du secteur de la fabrication (tableau 1). Le secteur de la fabrication, au pays et à l'étranger, est un important marché pour les produits de la branche de l'extraction de minerais métalliques. Des changements dans les procédés de production ont permis aux branches de l'extraction de répondre à la demande de matières premières du secteur de la fabrication.

Les innovations du point de vue des procédés procureraient un avantage concurrentiel plus important que les innovations du point de vue des produits. Le pourcentage d'entreprises innovatrices du point

de vue des procédés dans la branche de l'extraction de minerais métalliques est plus élevé que le pourcentage d'entreprises innovatrices du point de vue des procédés dans les branches manufacturières primaires (figure 2). Les branches de l'extraction des ressources naturelles dans d'autres pays affichent des tendances similaires. Diverses études effectuées par l'Australian Bureau of Statistics (1998) viennent étayer la prévalence des innovations du point de vue des procédés dans le secteur minier. Ces études ont révélé que 39 % de toutes les entreprises du secteur minier[8] ont entrepris des innovations du point de vue des procédés entre juillet 1994 et juin 1997, tandis que 11 % ont entrepris des innovations du point de vue des produits.

Tableau 1. Certains facteurs de succès commercial des branches d'extraction de minerais métalliques, manufacturières et manufacturières primaires du secteur de l'extraction minière.

Facteur de succès commercial	Pourcentage d'entreprises indiquant que le facteur est important[9]							
	Extraction de minerais métalliques		Fabrication		Première transformation des métaux		Fabrication de produits métalliques	
	Toutes	Innovatrices	Toutes	Innovatrices	Toutes	Innovatrices	Toutes	Innovatrices
Satisfaction des clients existants	48,8	61,9	96,1	97,0	96,5	98,1	96,1	97,8
Élaboration de nouveaux produits (biens ou services) et procédés	29,9	53,3	64,3	72,2	52,7	60,0	53,6	61,2
Recherche de nouveaux marchés	25,4	37,4	73,4	77,0	70,1	74,6	66,7	71,8
Établissement de marchés-créneaux ou spécialisés	18,6	26,0	68,0	72,0	71,5	76,6	61,9	65,4

Source: Enquête sur l'innovation 1999

Si l'accent est mis davantage sur les innovations du point de vue des procédés que sur les innovations du point de vue des produits dans la branche de l'extraction de minerais métalliques, pourquoi le pourcentage global d'entreprises innovatrices du point de vue des procédés dans cette branche est-il tellement plus faible que le pourcentage des entreprises innovatrices du point de vue des procédés dans les branches de la fabrication et dans les branches manufacturières primaires (figure 3)?

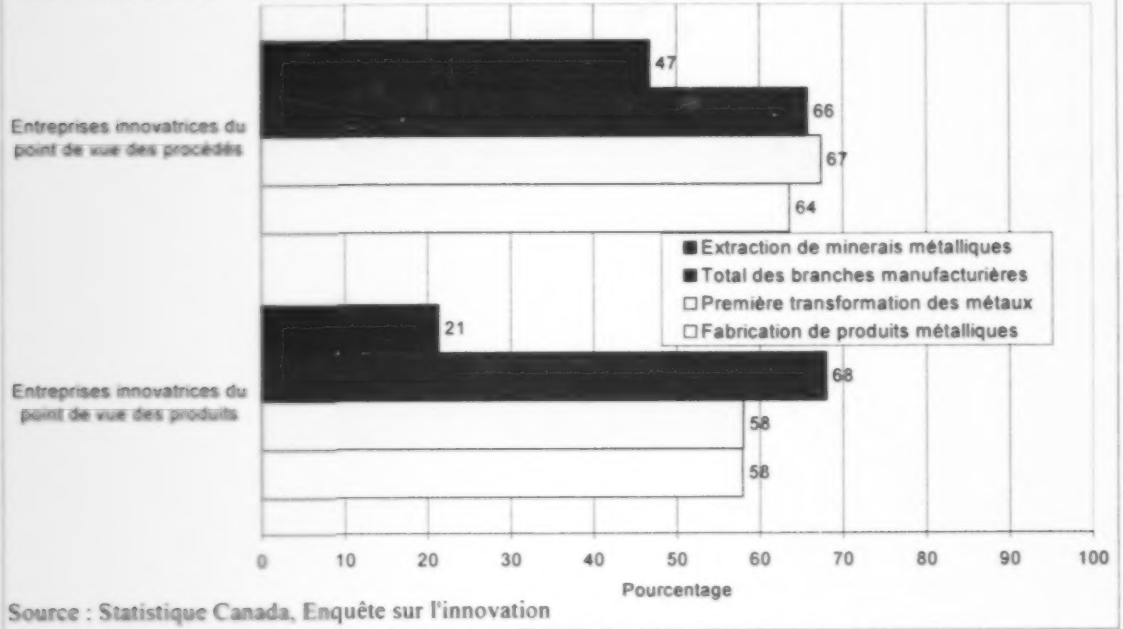
Les activités dans les branches de l'extraction des ressources naturelles traversent des cycles d'expansion et de ralentissement selon les hauts et les bas de l'économie. La période de référence pour l'Enquête sur l'innovation était de 1997 à 1999. Selon certaines indications, la période de référence pour les branches de l'extraction n'était pas la même que celle pour le secteur de la fabrication. Plusieurs entreprises non innovatrices dans la branche de l'extraction de minerais métalliques ont indiqué qu'elles ont apporté des changements à leurs systèmes de production en dehors de la période de référence visée par l'Enquête sur l'innovation de 1999. Selon d'autres

[8] Comprennent les entreprises d'extraction de charbon, d'extraction de pétrole et de gaz et d'extraction de minerais métalliques ainsi que d'autres entreprises du secteur minier et les services à ce secteur.

[9] On a demandé aux entreprises d'indiquer l'importance des facteurs de succès commerciale selon une échelle décroissante allant de 1 à 5. On considère que les entreprises qui attribuent la cote 4 à 5 à un facteur de succès commercial donné jugent ce facteur important.

réponses, les changements apportés au système de production se font lentement et les méthodes demeurent essentiellement inchangées.

Figure 3. Pourcentage d'entreprises innovatrices dans les branches d'extraction de minerais métalliques, manufacturières et manufacturières primaires du secteur de l'extraction minière.



Source : Statistique Canada, Enquête sur l'innovation

Pourquoi les entreprises d'extraction et les entreprises manufacturières primaires connexes innovent-elles?

D'après les données de l'Enquête sur l'innovation, les objectifs d'innovation des entreprises d'extraction de minerais métalliques portent principalement sur les procédés de production. Les principaux objectifs de l'innovation indiqués par plus de la moitié des entreprises d'extraction de minerais métalliques innovatrices ont trait à la production : augmenter la capacité de production, réduire le coût de la main-d'œuvre, accroître la souplesse de production et réduire la consommation de l'énergie (tableau 2). Même si l'accroissement de la capacité de production se situait au deuxième rang des objectifs de l'innovation les plus couramment cités comme importants par les entreprises du secteur de la fabrication (75,3 %) et les deux branches manufacturières primaires c.-à-d. les entreprises de première transformation des métaux (79,7 %) et les entreprises de fabrication de produits métalliques (81,8 %), les principaux objectifs cités par les entreprises du secteur de la fabrication étaient l'amélioration de la qualité des produits et le prolongement de la gamme de produits (tableau 2). L'amélioration de la qualité des produits est l'objectif choisi par le pourcentage le plus élevé d'entreprises innovatrices dans le secteur de la fabrication ainsi que dans les deux branches manufacturières primaires. Le contraste entre les objectifs de l'innovation des entreprises d'extraction et de fabrication du point de vue de l'amélioration de la qualité des produits est frappant. Cet objectif a été cité comme important par moins du tiers des entreprises d'extraction de

minerais métalliques innovatrices mais par plus de 80 % de l'ensemble des entreprises des branches manufacturières primaires et de l'ensemble du secteur de la fabrication.

Tableau 2. Certains objectifs de l'innovation des branches innovatrices d'extraction de minerais métalliques, manufacturières et manufacturières primaires.

Objectif	Pourcentage d'entreprises innovatrices ayant choisi l'objectif énuméré			
	Extraction de minerais métalliques	Fabrication	Première transformation des métaux	Fabrication de produits métalliques
Augmentation de la capacité de production	67,5	75,3	79,7	81,8
Réduction du coût de la main-d'œuvre	59,7	58,7	73,1	62,8
Accroissement de la souplesse de production	51,9	65,5	62,5	67,1
Diminution de la consommation d'énergie	51,3	22,9	33,8	19,7
Amélioration de la qualité des produits	31,0	82,5	80,3	82,6
Prolongement de la gamme de produits	27,8	71,6	51,7	64,4
Remplacement de produits éliminés graduellement	3,1	36,9	22,6	31,9

Source : Enquête sur l'innovation 1999

L'accent mis par les entreprises d'extraction de minerais métalliques sur les objectifs de l'innovation associés à la production donne lieu à la modification des procédés d'extraction plutôt qu'à l'élaboration de nouveaux produits. Cela aide à expliquer la prédominance des innovations du point de vue des procédés sur les innovations du point de vue des produits dans le secteur de l'extraction de minerais métalliques.

Le Conference Board of Canada (2001) a aussi constaté que l'innovation dans les branches d'activité des ressources naturelles prend davantage la forme d'innovations de procédés que d'élaboration de produits à valeur ajoutée. Il a constaté que l'accent est souvent mis sur l'innovation de procédés dans le but de réduire les coûts, surtout lorsque les prix des produits de base influent de façon importante sur les marges bénéficiaires.

Les entreprises d'extraction de minerais métalliques considèrent que leur fonction consiste à extraire des matières premières au moyen de techniques de production établie. Lorsqu'on leur a demandé d'indiquer pourquoi elles n'innovent pas, la majorité ont répondu qu'elles sont une entreprise d'extraction d'une matière première, telle que l'or, qu'il est impossible d'améliorer (normes de pureté de l'industrie). La deuxième raison donnée le plus souvent tenait à ce que les techniques et le matériel d'extraction dans la branche d'activité sont normalisés ou n'ont pas changé depuis leur adoption et que, par conséquent, il n'est pas nécessaire d'innover.

D'où viennent les idées en matière d'innovation?

Les entreprises d'extraction de minerais métalliques se fient largement aux sources internes d'information pour l'innovation. Dans le cas des entreprises d'extraction de minerais métalliques, les

deux principales sources d'information sont le personnel de production (92 %) et le personnel de gestion (75 %).

Comment les connaissances sont-elles transmises dans le système d'innovation du secteur de l'extraction minière?

Comment les connaissances qui facilitent le progrès technique dans les procédés d'extraction sont-elles transmises? Il y a de nombreux moyens d'acquérir les connaissances qui permettent d'innover. L'acquisition des connaissances ne se fait pas nécessairement exclusivement par le biais d'activités d'innovation menées au sein d'une entreprise, comme la R-D interne. La technologie acquise peut prendre la forme de brevets, d'inventions non brevetées, de licences, de savoir-faire, de marques de commerce, de services à contenu technologique, de recours à des services d'experts-conseils, d'affermage des activités de R-D, d'acquisition ou de transfert de technologies au moyen de l'achat ou de la vente d'une entreprise, de l'achat ou de la vente de matériel et de mobilité du personnel spécialisé, entre autres.

Tableau 3. Certaines entreprises du secteur de la fabrication dont des produits sont utilisés par certaines branches des ressources naturelles.

	% de toutes les entreprises			
	dont des produits sont utilisés par certaines branches des ressources naturelles	dont des produits sont utilisés par le secteur minier	% d'entreprises innovatrices dans ce secteur	rang relatif sur le plan de l'innovation
Fabrication de matériel, d'appareils et de composants électriques	47,5	37,5	89,8	5
Fabrication de machines pour l'agriculture, la construction et l'extraction minière + Fabrication de machines industrielles (3331 et 3332)	46,6	28,8	88,0	6
Fabrication de machines (sauf 3331 et 3332) [Fabrication de machines pour le commerce et les industries de services + Fabrication d'appareils de chauffage, de ventilation, de climatisation et de réfrigération commerciale + Fabrication de machines-outils pour le travail du métal + Fabrication de moteurs, de turbines et de matériel de transmission de puissance + Fabrication d'autres machines d'usage général]	35,3	28,0	86,9	8
Fabrication d'instruments de navigation, de mesures et de commandes et d'instruments médicaux + Fabrication et reproduction de supports magnétiques et optiques	32,0	16,4	91,3	4
Fabrication de produits chimiques (sauf 3254)	31,2	22,7	87,7	7

Source : Enquête sur l'innovation 1999

L'acquisition de technologies est l'un des mécanismes de transmission des connaissances scientifiques et technologiques qui facilitent le progrès technique. De nouvelles technologies peuvent être acquises par l'achat d'outillage. La troisième plus importante source d'information pour l'innovation citée par les entreprises d'extraction de minerais métalliques sont les fournisseurs d'équipements, de matériel et de composantes (70 %). La principale activité liée à l'innovation des entreprises d'extraction de minerais métalliques, indiqué par 95 % de toutes les entreprises innovatrices, est l'acquisition de machinerie, d'équipements ou d'autres technologies liés à la production de produits ou aux procédés de production/de fabrication nouveaux ou sensiblement

améliorés. D'ailleurs, près d'une entreprise de fabrication sur cinq (17 %) a indiqué que ses produits sont utilisés par des branches du secteur minier.

Cinq des branches du secteur de la fabrication ayant le pourcentage le plus élevé d'entreprises dont des produits sont utilisés par certaines branches des ressources naturelles (plus de 30 % des entreprises) sont au nombre des 10 principales branches novatrices sur 35 branches (tableau 3). Quatre de ces cinq branches produisent des machines et des équipements ou de l'outillage. Presque une sur vingt (4,8 %) des entreprises innovatrices dans les branches Fabrication de machines pour l'agriculture, la construction et l'extraction minière + Fabrication de machines industrielles a indiqué que plus de 50 % de ses ventes sont au secteur minier. Ces entreprises peuvent donc être considérées comme des fournisseurs spécialisés.

Les taux d'innovation dans des branches comme celle de la fabrication de matériel informatique et de communications sont élevés. Dans le cas des branches engagées dans l'extraction de ressources naturelles, les taux d'innovation ont tendance à être faibles. En pareil cas, l'examen des activités des branches de l'extraction de façon isolée ne permet pas d'établir correctement les taux d'innovation. Plutôt, une partie de l'innovation se fait dans les branches d'activité qui fournissent des machines et des équipements aux branches d'exploitation.

Les entreprises du secteur de l'extraction minière qui acquièrent des machines et des équipements ont-elles des taux d'innovation plus élevés que celles qui n'en acquièrent pas? Parmi les entreprises innovatrices qui ont indiqué qu'elles avaient acquis des machines, des équipements ou d'autres technologies liés à l'innovation, les dix principales branches d'activité varient quant à leur rang relatif sur le plan de l'innovation (tableau 4). Le pourcentage d'entreprises innovatrices ayant acquis des machines, des équipements ou d'autres technologies va de 89 % à 100 % des entreprises dans les branches des ressources naturelles et les branches du secteur de la fabrication couvertes par l'Enquête sur l'innovation de 1999. Toutes les entreprises d'extraction de minerais métalliques innovatrices ont adopté des innovations de procédés.

Quatre-vingt-quinze pour cent des entreprises d'extraction des minerais métalliques innovatrices du point de vue des procédés ont indiqué qu'elles avaient acquis des machines et des équipements ou d'autres technologies pendant la période allant de 1997 à 1999. L'acquisition de machines, d'équipements et de technologies joue un rôle clé dans le processus menant à l'innovation de procédés dans les entreprises d'extraction de minerais métalliques. Même si ces entreprises affichent dans l'ensemble des taux d'innovation plus faibles que les entreprises dans les branches de la fabrication, lorsqu'on compare les types d'innovation entre branches, le pourcentage des branches d'extraction de minerais métalliques innovatrices du point de vue des procédés est supérieur à ceux des branches du secteur de la fabrication et des branches manufacturières primaires dans le secteur de l'extraction minière. Huit des dix branches innovatrices ayant le pourcentage le plus élevé d'entreprises qui ont indiqué qu'elles ont acquis des machines et des équipements se classent parmi les dix premières quant au pourcentage d'innovation de procédés. Les entreprises innovatrices qui acquièrent des machines et des équipements affichent des taux plus élevés d'innovation de procédés que les entreprises qui n'en acquièrent pas.

Tableau 4. Branches novatrices qui ont indiqué le pourcentage le plus élevé d'entreprises innovatrices ayant acquis des machines, des équipements ou d'autres technologies liés à l'innovation.

	% d'entreprises ayant acquis des machines, des équipements ou d'autres technologies liés à l'innovation			% des entreprises innovatrices	Rang relatif global sur le plan de l'innovation	% d'entreprises innovatrices du point de vue des procédés	% d'entreprises innovatrices du point de vue des procédés	Rang relatif sur le plan de l'innovation de procédés
	Toutes	Innovatrices	Innovatrices du point de vue des procédés					
Fabrication de semi-conducteurs et d'autres composantes électroniques	100,0	100,0	100,0	94,9	2	87,8	92,5	2
Extraction de minerais métalliques	60,0	95,0	95,0	46,8	32	46,8	100,0	1
Fabrication de matériel ferroviaire roulant + Construction de navires et d'embarcations + Fabrication d'autres types de matériel de transport	76,2	95,0	96,5	74,7	24	61,6	82,5	18
Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces	86,8	94,4	98,1	83,9	13	73,3	87,4	6
Fabrication de plaquages, de contreplaqués et de produits en bois reconstitué	69,7	93,5	98,1	64,8	30	55,9	86,3	7
Impression et activités connexes de soutien	83,9	93,4	95,4	84,9	12	77,6	91,3	3
Première transformation des métaux	79,0	91,1	93,1	75,7	23	67,4	89,1	4
Scieries et préservation du bois	75,3	90,4	93,7	73,6	26	65,4	88,8	5
Fabrication de meubles et de produits connexes	76,3	89,9	96,6	81,9	16	69,7	85,1	10
Exploitation forestière	47,3	89,6	89,7	40,9	34	34,7	84,9	12

Source : Enquête sur l'innovation 1999

Quels types de conséquences sont en demande dans la branche de l'extraction des minerais métalliques? Y a-t-il une pénurie de compétences?

La formation est l'un des importants facteurs de succès commercial pour les entreprises innovatrices. La formation des employés est le facteur le plus souvent cité par les entreprises d'extraction de minerais métalliques innovatrices. Il s'agit du deuxième facteur de succès commercial cité le plus fréquemment par les entreprises d'extraction de minerais métalliques novatrices et du troisième dans le cas de la branche de fabrication de produits métalliques innovatrice et de l'ensemble des branches innovatrices du secteur de la fabrication (tableau 5). Plus de 80 % des entreprises d'extraction de minerais métalliques, des entreprises manufacturières en général et des entreprises manufacturières primaires ont indiqué avoir mené des activités de formation liées à l'adoption d'innovations.

Le recrutement d'employés d'expérience a été cité par un plus petit pourcentage d'entreprises d'extraction de minerais métalliques (57 %) que d'entreprises dans l'ensemble du secteur de la fabrication (70 %) et de branches manufacturières primaires. Toutefois, on constate une plus grande dépendance à l'égard de la main-d'œuvre qualifiée : le pourcentage d'entreprises d'extraction de

minerais métalliques innovatrices citant le recrutement de nouveaux diplômés d'universités comme facteur de succès commercial est presque le double de celui des entreprises du secteur de la fabrication.

Tableau 5. Pourcentage d'entreprises d'extraction de minerais métalliques, d'entreprises du secteur de la fabrication et d'entreprises manufacturières primaires ayant les opinions et menant les activités suivantes en ce qui concerne la formation et les compétences.

	Extraction de minerais métalliques	Fabrication	Première transformation des métaux	Fabrication de produits métalliques
La formation des employés est un important facteur de succès commercial	83,5	81,9	88,3	79,4
Offre une formation liée à l'adoption d'innovations	79,6	81,3	91,2	80,1
Le recrutement d'employés d'expérience est un important facteur de succès commercial	56,9	70,4	63,2	71,4
Le recrutement de nouveaux diplômés d'universités est un important facteur de succès commercial	43,4	22,8	31,9	18,4
Le recrutement de nouveaux diplômés d'écoles techniques et collèges est un important facteur de succès commercial	46,2	40,9	44,5	42,1
Reconnaît qu'il est difficile de recruter un personnel et des travailleurs qualifiés	43,8	63,4	54,0	67,7
Reconnaît qu'il est difficile de conserver des employés et des travailleurs qualifiés	34,8	34,8	34,1	28,6
La pénurie de personnel spécialisé est un obstacle à l'innovation	24,3	37,4	41,3	45,4

Source : Enquête sur l'innovation 1999

Pour ce qui est de la main-d'œuvre qualifiée, les entreprises d'extraction de minerais métalliques ont accès à un personnel plus varié, puisant leurs employés dans un bassin de ressources plus large que les entreprises du secteur de la fabrication. Presque le même pourcentage d'entreprises d'extraction de minerais métalliques (46 %) ont indiqué que le recrutement de nouveaux diplômés d'écoles techniques et collèges est un facteur de succès commercial que le pourcentage d'entreprises qui ont cité le recrutement de nouveaux diplômés d'universités (43 %). Cette différence de moins de 3 % contraste avec celle, plus grande (soit de 13 à 24 %), quant à l'importance des écoles techniques et des collèges par rapport aux universités pour les branches du secteur de la fabrication et les branches manufacturières primaires. Cette souplesse a une incidence sur la taille du bassin de ressources humaines dans lequel ces branches d'activité puisent leurs employés et se reflète dans le pourcentage d'entreprises qui reconnaissent qu'il est difficile de recruter du personnel qualifié. Un pourcentage plus petit d'entreprises d'extraction de minerais métalliques (44 %) trouvent qu'il est difficile de recruter du personnel qualifié comparativement à entre la moitié et plus des deux tiers des branches du secteur de la fabrication et des branches manufacturières primaires. Bien qu'il soit inférieur au pourcentage de ces deux branches, le pourcentage d'entreprises d'extraction de minerais métalliques qui reconnaissent qu'il est difficile de recruter du personnel et des travailleurs qualifiés est juste au-dessous de 50 %, ce qui pourrait indiquer une pénurie de travailleurs spécialisés.

Environ le tiers des entreprises d'extraction de minerais métalliques, des entreprises du secteur de la fabrication et des entreprises manufacturières primaires reconnaissent qu'il est difficile de conserver

leur personnel et leurs travailleurs qualifiés. L'absence de personnel qualifié est un obstacle à l'innovation pour environ le quart des entreprises d'extraction de minerais métalliques innovatrices. Il s'agit d'un obstacle encore plus important pour les branches de l'ensemble du secteur de la fabrication et les branches manufacturières primaires, dont les taux d'innovation globaux sont plus élevés.

Adoption de nouvelles technologies

Méthodologie

La population visée par l'Enquête sur le commerce électronique et la technologie (ECET) de 2000 était composée de tous les secteurs économiques, dans les secteurs tant privé que public, sauf l'agriculture et la construction. L'échantillon total comprenait quelque 21 000 entreprises[10] dont le taux de réponse a été de 77 %, représentant 93 % de l'activité économique. On utilisera des données fondées sur un échantillon de 177 entreprises du secteur minier et 3 700 entreprises du secteur de la fabrication pour décrire comment ces branches réagissent à l'adoption de technologies de pointe.

Comment les branches de l'extraction réagissent-elles aux nouvelles technologies?

Dans le cas des entreprises qui ont adopté des technologies sensiblement améliorées, la majorité des entreprises du secteur minier ont procédé au moyen de l'achat de technologies telles quelles (tableau 6), dont certaines auprès de branches du secteur de la fabrication. L'adoption de technologies améliorées a créé un besoin de formation chez les entreprises minières et manufacturières du secteur de l'extraction minière.

Tableau 6. Améliorations technologiques dans les branches minières, manufacturières et manufacturières primaires du secteur de l'extraction minière.

	% d'entreprises qui adoptent des technologies sensiblement améliorées	% d'entreprises ayant des technologies améliorées et adoptant de nouvelles technologies par :				% d'entreprises ayant adopté des technologies améliorées qui ont besoin de formation
		l'achat de technologies telles quelles	l'octroi de licences pour l'utilisation de nouvelles technologies	la personnalisation ou la modification importante de technologies existantes	l'élaboration de nouvelles technologies	
Extraction minière (sauf l'extraction du pétrole et du gaz)[11]	50,3	68,1*	12,3	46,3*	9,8	83,0
Fabrication	50,6	70,8	14,8	51,0	22,8	73,4
Première transformation des métaux	59,1	51,9*	10,2	59,2*	37,7*	71,7*
Fabrication de produits métalliques	39,3	73,2	20,0	43,6	19,6	74,9

* à utiliser avec circonspection
Source : Enquête sur les technologies de l'information et des communications 2000

[10] Les enquêtes sur la production sont généralement fondées sur l'établissement. Une entreprise statistique est définie comme étant « …l'unité organisationnelle d'une firme qui dirige et contrôle l'affectation de ressources intéressant ses activités nationales et pour laquelle on établit des états financiers et des bilans consolidés … » (SCIAN, Statistique Canada, 1998, p. 9).

[11] Comprend l'extraction de charbon, l'extraction de minerais métalliques, l'extraction de minerais non métalliques et l'extraction en carrière, ainsi que les activités de soutien du secteur minier et de l'extraction de pétrole et de gaz.

L'élaboration de nouvelles technologies n'est pas courant dans le secteur minier; moins d'une entreprise sur dix qui ont adopté de nouvelles technologies les avaient élaborées. Ce phénomène est plus répandu dans les branches de la fabrication, où environ le quart des entreprises qui ont adopté de nouvelles technologies ont indiqué qu'elles les avaient élaborées.

Conclusions

L'extraction de minerais métalliques, une branche d'extraction de ressources naturelles, fait partie d'un plus vaste système d'innovation qui comprend les branches de gestion des ressources, les branches manufacturières primaires, le secteur de la construction, les industries de services, les fabricants de machinerie et d'équipements et les conditions ou le contexte dans lesquels l'entreprise mène ses activités. Pour brosser un tableau complet de l'innovation au sein d'un système, celui-ci doit inclure tous les acteurs qui font des innovations ou qui participent au processus d'innovation. Les données disponibles sur les innovations permettent d'examiner l'innovation et la transmission d'information dans le secteur de l'extraction, dans les branches manufacturières primaires et dans le secteur de la fabrication. Les enquêtes menées à l'avenir apporteront peut-être des éclaircissements sur les liens avec d'autres acteurs de ce système.

L'extraction de minerais métalliques est caractérisée par un pourcentage élevé d'innovation de procédés mais un taux beaucoup plus faible d'innovation de produits. En outre, toutes les entreprises d'extraction de minerais métalliques innovatrices sont innovatrices du point de vue des procédés, et plus de la moitié sont innovatrices du point de vue des procédés seulement. Dans une branche qui produit des produits de base (matières premières) au cycle de vie long et, dans certains cas, presque infini, on ne peut s'attendre à constater un taux élevé d'innovation de produits.

Dans les entreprises d'extraction de minerais métalliques, les innovations dépendent largement de l'acquisition de machinerie et d'équipements en tant que technologies incorporées. Les entreprises minières réagissent aux nouvelles technologies en les achetant telles quelles. Les fabricants de cette machinerie et de ces équipements ont des taux élevés d'innovation. L'application de l'indicateur de l'innovation prévu dans le Manuel d'Oslo à une branche d'activité de façon isolée a pour effet d'attribuer cette activité d'innovation aux fabricants de la machinerie et des équipements à titre d'innovation de produits. À moins d'examiner aussi l'activité d'innovation des fournisseurs de machinerie et d'équipements, on peut ne pas reconnaître cette composante de l'innovation de procédés. En 2000, la plupart des entreprises minières ont adopté des technologies sensiblement améliorées en les achetant telles quelles.

La formation est un important facteur de succès commercial pour les entreprises innovatrices. On souligne l'importance de la formation dans les entreprises minières, ce dont témoigne le fait qu'en 2000, la plupart de ces entreprises assuraient une formation obligatoire en technologies sensiblement améliorées. Selon certaines indications, il y aurait une pénurie de compétences dans la branche de l'extraction de minerais métalliques. Les entreprises d'extraction de minerais métalliques ne manifestent pas de préférence marquée pour une source de compétences spécialisées particulière, soit les universités ou les collèges et les écoles techniques. Toutefois, les entreprises ont accès à une large gamme de compétences et le recrutement ainsi que le maintien en poste de personnel et de travailleurs qualifiés est une source de préoccupation pour de nombreuses entreprises d'extraction de

minerais métalliques innovatrices. D'autres sources de données d'enquête telle que l'Enquête sur le milieu de travail et les employés (EMTE) de Statistique Canada pourraient apporter d'autres éclaircissements sur les problèmes de ressources humaines auxquels se trouvent confrontées les entreprises d'extraction de minerais métalliques.

Remerciements

Le système d'innovation du secteur forestier dont fait état le présent document est le résultat de travaux effectués par le personnel de la Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique sous la direction de Fred Gault, en collaboration avec le personnel de Ressources naturelles Canada (RNCan). L'auteur tient à remercier tout particulièrement Frances Anderson qui a dirigé les recherches sur l'innovation dans les branches des ressources naturelles et communiqué les résultats de travaux exécutés en collaboration avec John Hector dans le cadre de plusieurs ateliers portant sur le secteur forestier. D'autres remerciements vont à Rob Dunn, Tim Norris, John Hector, Jai Persaud et Hugh Deng à RNCan pour leur contribution au présent document.

Références

Abernathy, W. and K. Clark (1985), Innovation: Mapping the winds of creative destruction. Research Policy 14, p. 3-22.

Conference Board of Canada (2001), Investing in Innovation in the Resource Sector: Industry Needs, Barriers and Opportunities for Action.

Foray, D. and P. David (1995), Accessing and expanding the science and technology knowledge base. STI Science, Technology, Industry Review 16, p. 13-68.

Freeman, C. (1987), Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan, Pinter Publishers, London.

Innis, H.A. (1956), *The Fur Trade in Canada: An Introduction to Canadian Economic History*, Revised Edition, University of Toronto Press, p. 386-392.

Kline, S.J. and N. Rosenberg (1986), "An Overview of Innovation", in R. Landau and N. Rosenberg (eds.). *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academy Press, Washington, DC, p. 289.

Laestadius, S. (1998), The relevance of science and technology indicators: the case of pulp and paper. Research Policy 27, p. 385-395.

Lundvall, B.-Å. (1992), "Introduction, National Systems of Innovation: towards a Theory of Innovation and Interactive Learning" in B. Martin and P. Nightingale (eds.). *The Political Economy of Science, Technology and Innovation, University Press*, Cambridge, UK, p. 524-543.

Lundvall, B.-Å. (1998), Why study national systems and national styles of innovation? Technology Analysis and Strategic Management 10, p. 407-421.

Mohnen, P., J. Romain and J.-S. Gallant (1996). Productivity and research and development in two Canadian forest product industries. Forest Science 42, p. 487-497.

OCDE/Eurostat (1997), *Principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données pour l'innovation technologique* (Manuel d'Oslo), Paris.

Padmore, T, H. Schuetze and H. Gibson (1998). Modelling systems of innovation: an enterprise-centred view. Research Policy 26 p. 605-624.

Rao, S., J. Tang and W. Wang (2002). Importance of Skills for Innovation and Productivity. Non-publié.

Rothwell, R. (1994), "Successful Industrial Innovation: Success, Strategy, Trends", in Dodgson, M. and R. Rothwell eds.), *The Handbook of Industrial Innovation.*

Schaan, S. and F. Anderson (2002), Innovation in the Forest Sector. The Forestry Chronicle, volume 78, number 1, pages 60-63.

Statistique Canada (2002), Le commerce international de marchandises du Canada, décembre 2001, Statistique Canada no. 65-001-XIB au catalogue.

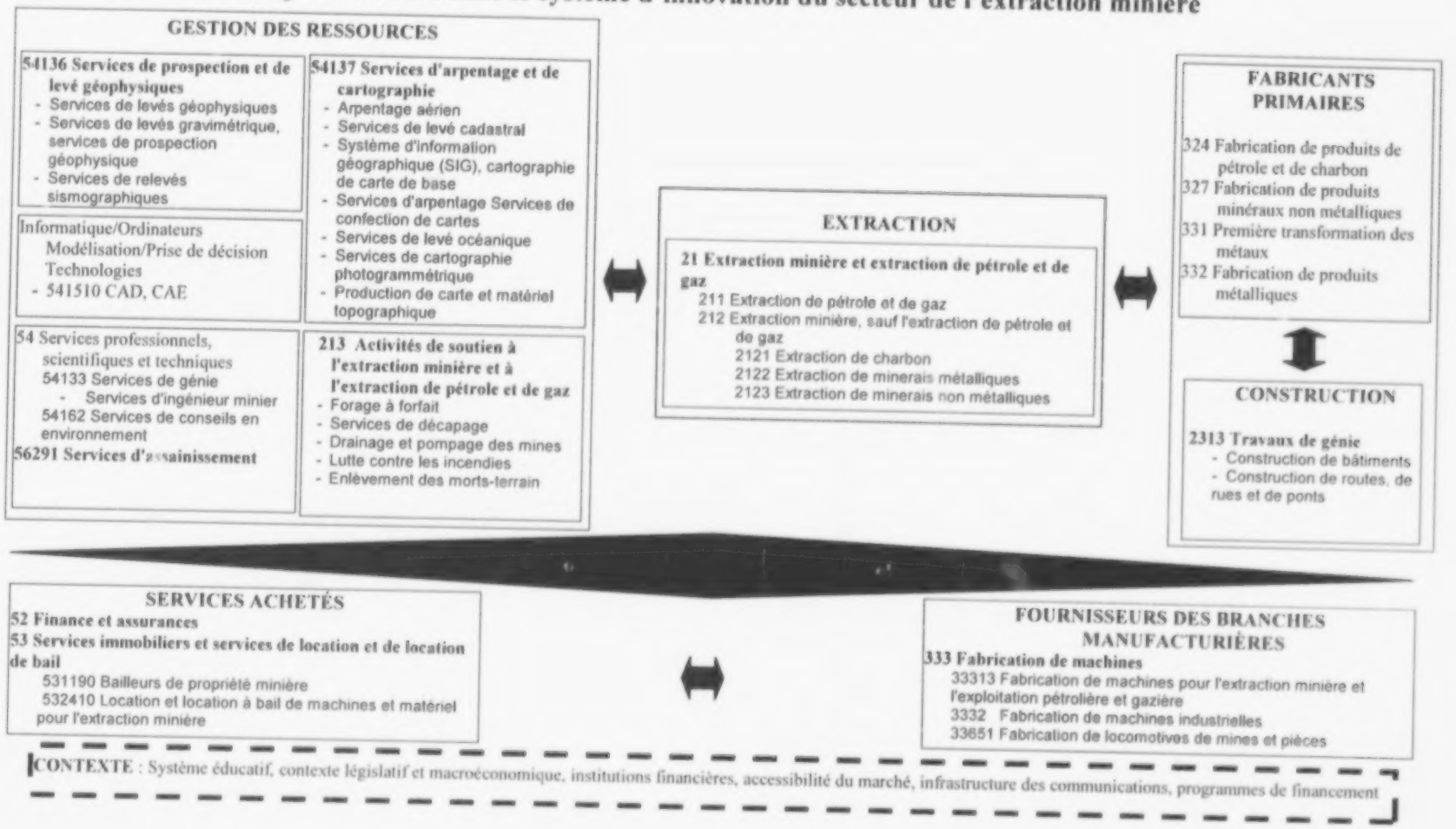
Statistique Canada (2001), Production minérale du Canada, calcul préliminaire 2001, Statistique Canada no. 26-202-XIB au catalogue.

Statistique Canada (1998a), Activités et incidences des sciences et de la technologie : cadre conceptuel pour un système d'information statistique, Statistique Canada no. 88-522-XPB au catalogue.

Statistique Canada (1998b), Système de classification des industries de l'Amérique du Nord – SCIAN Canada, Statistique Canada no. 12-501-XPF au catalogue.

Utterback, J. and W. Abernathy (1975), A dynamic Model of process and production innovation. OMEGA, the International Journal of Management Science, vol. 3, no. 6, p. 639-656.

Annexe 1. Groupes d'acteurs dans le système d'innovation du secteur de l'extraction minière


GESTION DES RESSOURCES
54136 Services de prospection et de levé géophysiques
- Services de levés géophysiques
- Services de levés gravimétrique, services de prospection géophysique
- Services de relevés sismographiques
54137 Services d'arpentage et de cartographie
- Arpentage aérien
- Services de levé cadastral
- Système d'information géographique (SIG), cartographie de carte de base
- Services d'arpentage Services de confection de cartes
- Services de levé océanique
- Services de cartographie photogrammétrique
- Production de carte et matériel topographique
Informatique/Ordinateurs
Modélisation/Prise de décision
Technologies
- 541510 CAD, CAE
54 Services professionnels, scientifiques et techniques
54133 Services de génie
- Services d'ingénieur minier
54162 Services de conseils en environnement
56291 Services d'assainissement
213 Activités de soutien à l'extraction minière et à l'extraction de pétrole et de gaz
- Forage à forfait
- Services de décapage
- Drainage et pompage des mines
- Lutte contre les incendies
- Enlèvement des morts-terrain
EXTRACTION
21 Extraction minière et extraction de pétrole et de gaz
211 Extraction de pétrole et de gaz
212 Extraction minière, sauf l'extraction de pétrole et de gaz
2121 Extraction de charbon
2122 Extraction de minerais métalliques
2123 Extraction de minerais non métalliques
FABRICANTS PRIMAIRES
324 Fabrication de produits de pétrole et de charbon
327 Fabrication de produits minéraux non métalliques
331 Première transformation des métaux
332 Fabrication de produits métalliques
CONSTRUCTION
2313 Travaux de génie
- Construction de bâtiments
- Construction de routes, de rues et de ponts
SERVICES ACHETÉS
52 Finance et assurances
53 Services immobiliers et services de location et de location de bail
531190 Bailleurs de propriété minière
532410 Location et location à bail de machines et matériel pour l'extraction minière
FOURNISSEURS DES BRANCHES MANUFACTURIÈRES
333 Fabrication de machines
33313 Fabrication de machines pour l'extraction minière et l'exploitation pétrolière et gazière
3332 Fabrication de machines industrielles
33651 Fabrication de locomotives de mines et pièces
CONTEXTE : Système éducatif, contexte législatif et macroéconomique, institutions financières, accessibilité du marché, infrastructure des communications, programmes de financement

Pour commander des publications cataloguées

On peut se procurer la présente publication et les autres publications auprès des agents autorisés régionaux des librairies de quartier et des bureaux régionaux de Statistique Canada. On peut aussi les commander par la poste en s'adressant à:

Statistique Canada
Division de la diffusion
Gestion de la circulation
120, avenue Parkdale
Ottawa, Ontario
K1A 0T6

Téléphone: 1(613)951-7277
Commandes (sans frais partout au Canada): 1-800-700-1033
Numéro du télécopieur: 1-(613)-951-1584 ou 1-800-889-9734
Toronto : Carte de crédit seulement (416)973-8018
Internet: order@statcan.ca

PUBLICATIONS AU CATALOGUE

Publications statistiques

88-202-XPB Recherche et développement industriels, Perspective 2001 (avec des estimations provisoires pour 2000 et des dépenses réelles pour 1999)

88-204-XIF Activités scientifiques fédérales, 2001-2002[e] (annuel)

88-001-XIB Statistiques des sciences (mensuel)

Volume 25

No. 1 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 1998-1999

No. 2 Estimations des dépenses totales au titre de la recherche et du développement dans le secteur de la santé au Canada, 1988 à 2000[e]

No. 3 Activités scientifiques en biotechnologie selon certains ministères fédéraux et organismes, 1999-2000

No. 4 Recherche et développement (R-D) en biotechnologie dans l'industrie canadienne, 1998

No. 5 Personnel affecté à la recherche et au développement (R-D) au Canada, 1990 à 1999[e]

No. 6 Recherche et développement industriels de 1997 à 2001

No. 7 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1999-2000

No. 8 Dépenses totales au titre de la recherche et du développement au Canada, 1990 à 2001[e] et dans les provinces, 1990 à 1999

No. 9 Dépenses de l'administration fédérale au titre des activités scientifiques, 2001-2002[e]

No.10 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) des organismes privés sans but lucratif (OSBL), 2000

No. 11 Activités scientifiques et technologiques (S-T) des administrations provinciales, 1992-1993 à 2000-2001[e]

No. 12 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 1999-2000

Volume 26

No. 1 Les organismes provinciaux de recherche, 1999

No. 2 Activités scientifiques en biotechnologie selon certains ministères fédéraux et organismes,
2000-2001

No. 3 Estimations des dépenses totales au titre de la recherche et du développement dans le secteur de la santé au Canada, 1988 à 2001[p]

DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1998

Ces documents de travail sont disponibles à la Section des enquêtes des sciences et de l'innovation.
Veuillez contacter:

Section des enquêtes des sciences et de l'innovation
Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique
Statistique Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0T6
Internet: http://www.statcan.ca/english/research/scilist_f.htm
Tél: (613) 951-6309

ST-98-01 Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1998

ST-98-02 Exportations et emploi connexe dans les industries canadiennes, Février 1998

ST-98-03 Création d'emplois, suppression d'emplois et redistribution des emplois dans l'économie canadienne, Février 1998

ST-98-04 Une analyse dynamique des flux de diplômés en sciences et technologie sur le marché du travail au Canada, Février 1998

ST-98-05 Utilisation des biotechnologies par l'industrie canadienne – 1996, Mars 1998

ST-98-06 Survol des indicateurs statistiques de l'innovation dans les régions du Canada : Comparaisons des provinces, Mars 1998

ST-98-07 Paiements de l'administration fédérale dans les industries, 1992-1993, 1994-1995, 1995-1996, Septembre 1998

ST-98-08 L'analyse bibliométrique de la recherche scientifique et technologique : Guide méthodologique d'utilisation et d'interprétation, Septembre 1998

ST-98-09 Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1989-1990 à 1998-1999[e], Septembre 1998

ST-98-10 Les flux de connaissances au Canada tels que mesurés par la bibliométrie, Octobre 1998

ST-98-11 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1987 à 1998[e] et selon la province, 1987 à 1996, Octobre 1998

ST-98-12 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1996-1997, Novembre 1998

DOCUMENTS DE TRAVAIL – 1999

ST-99-01 Enquête sur la commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1998, Février 1999

ST-99-02 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1988-1989 à 1996-1997, Juin 1999

ST-99-03 Analyse du déploiement des travailleurs du domaine de la science et de la technologie dans l'économie canadienne, Juin 1999

ST-99-04 Estimations des dépenses totales au titre de la recherche et du développement dans le secteur de la santé au Canada, 1970 à 1998[e], Juillet 1999

ST-99-05 Adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada, 1998, Août 1999

ST-99-06 Une vérification de la réalité pour définir le commerce électronique, 1999, Août 1999

ST-99-07 Activités scientifiques et technologiques des administrations provinciales, 1990-1991 à 1998-1999[e], Août 1999

ST-99-08 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1988 à 1999[e] et selon la province, 1988 à 1997, Novembre 1999

ST-99-09 Estimation des dépenses au titre de la recherche et de développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1997-98, Novembre 1999

ST-99-10 Évaluation de l'attrait des encouragements fiscaux à la R-D : Canada et principaux pays industriels, Décembre 1999

DOCUMENTS DE TRAVAIL – 2000

ST-00-01 Enquête sur la commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1999, avril 2000

ST-00-02 Dépenses et personnel de l'administration fédérale en sciences naturelles et sociales, 1990-1991 à 1999-2000[e], juillet 2000

ST-00-03 Un cadre pour améliorer les estimations des dépenses de R-D dans le domaine de l'enseignement supérieur et dans celui de la santé, par Mireille Brochu, juillet 2000

ST-00-04 Technologies de l'information et des communications et commerce électronique dans l'industrie canadienne, 1999, novembre 2000

DOCUMENTS DE TRAVAIL – 2001

ST-01-01 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1989 à 2000[e] et selon la province 1989 à 1998, janvier 2001

ST-01-02 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1998-1999, janvier 2001

ST-01-03 L'innovation, les technologies et pratiques de pointe dans l'industrie de la construction et les industries connexes : Estimations provinciales, 1999, janvier 2001

ST-01-04 L'innovation, les technologies et pratiques de pointe dans l'industrie de la construction et les industries connexes : Estimations nationales, 1999, février 2001

ST-01-05 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province 1990-1991 à 1998-1999, février 2001

ST-01-06 Estimations des dépenses totales au titre de la recherche et du développement dans le secteur de la santé au Canada, 1988 à 2000[e], mars 2001

ST-01-07 L'utilisation et le développement de la biotechnologie, 1999, mars 2001

ST-01-08 Dépenses et personnel de l'administration fédérale en sciences naturelles et sociales, 1991-1992 à 2000-2001[e], avril 2001

ST-01-09 Estimations du personnel affecté à la recherche et au développement au Canada, 1979 à 1999[e], juin 2001

ST-01-10 L'innovation dans les entreprises canadiennes de fabrication : estimations nationales, 1999, juin 2001

ST-01-11 Pratiques et activités des entreprises canadiennes en biotechnologie : Résultats de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie - 1999, août 2001

ST-01-12 Activités industrielles en biotechnologie au Canada : Faits saillants de l'enquête sur les entreprises de biotechnologie de 1997, septembre 2001

ST-01-13 L'innovation dans les entreprises canadiennes de fabrication : estimations provinciales, 1999, septembre 2001

ST-01-14 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1990 à 2001[e] et selon la province 1990 à 1999, novembre 2001

ST-01-15 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1999-2000, novembre 2001

DOCUMENTS DE TRAVAIL – 2002

ST-02-01 Innovation et changement dans le secteur public : S'agit-il d'un oxymoron? janvier 2002

ST-02-02 Mesure de l'économie en réseau, mars 2002

ST-02-03 Utilisation des biotechnologies dans le secteur canadien des industries : Résultats de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie - 1999, mars 2002

ST-02-04 Profil des entreprises formées par essaimage du secteur de la biotechnologie : Résultats de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie - 1999, mars 2002

ST-02-05 Activités scientifiques et technologiques des administrations provinciales 1992-1993 à 2000-2001[e], avril 2002

ST-02-06 Gérons-nous nos connaissances? Résultats de l'Enquête pilote sur les pratiques de gestion des connaissances, 2001, avril 2002

ST-02-07 Estimations des dépenses totales au titre de la recherche et du développement dans le secteur de la santé au Canada, 1988 à 2001[p], mai 2002

ST-02-08 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1991-1992 à 1999-2000, mai 2002

ST-02-09 Aperçu des changements organisationnels et technologiques dans le secteur privé, 1998-2000, juin 2002

ST-02-10 Dépenses et personnel de l'administration fédérale en sciences naturelles et sociales, 1992-1993 à 2001-2002[p], juin 2002

ST-02-11 L'innovation dans le secteur forestier, juin 2002

ST-02-12 Enquête sur l'innovation 1999, Cadre méthodologique : décisions prises et leçons apprises, juin 2002

DOCUMENTS DE RECHERCHE – 1996-2001

No. 1 L'État des indicateurs scientifiques et technologiques dans les pays de l'OCDE, par Benoît Godin, août 1996

No. 2 Le savoir en tant que pouvoir d'action, par Nico Stehr, juin 1996

No. 3 Coupler la condition des travailleurs à l'évolution des pratiques de l'employeur : l'Enquête expérimentale sur le milieu de travail et les employés, par Garnett Picot et Ted Wannell, juin 1996

No. 4 Peut-on mesurer les coûts et les avantages de la recherche en santé? par M.B. Wilk, février 1997

No. 5 La technologie et la croissance économique : Survol de la littérature, par Petr Hanel et Jorge Niosi, avril 1998

No. 6 Diffusion des biotechnologies au Canada, par Anthony Arundel, février 1999

No. 7 Les obstacles à l'innovation dans les industries de services au Canada, par Pierre Mohnen et Julio Rosa, novembre 1999

No. 8 Comment expliquer la croissance rapide parmi les entreprises canadiennes de biotechnologie, par Jorge Niosi, août 2000

No. 9 Indicateurs comparables au niveau international pour la biotechnologie : inventaire, proposition de travail et documents d'appui, par W. Pattinson, B. Van Beuzekom et A. Wyckoff, janvier 2001

No. 10 Analyse de l'enquête sur l'innovation, les technologies et pratiques de pointe dans l'industrie de la construction et les industries connexes, 1999, par George Seaden, Michael Guolla, Jérôme Doutriaux et John Nash, janvier 2001

No. 11 Capacité d'innover, innovations et répercussions : le secteur canadien des services de génie, par Daood Hamdani, mars 2001

No. 12 Modèles d'utilisation des technologies de fabrication de pointe (TFP) dans l'industrie canadienne de la fabrication : Résultats de l'enquête de 1998, par Anthony Arundel et Viki Sonntag, novembre 2001